

FVS/B0034/D96/2016 ✓

DA34

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

"REMOCIÓN DEL ALUMINIO, MANGANESO Y HIERRO
DE LAS AGUAS DEL RÍO AUQUI, PARA SU
POTABILIZACIÓN, EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE DE BELLAVISTA, HUARAZ - ANCASH,
JULIO 2014 - JUNIO 2015".

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO SANITARIO

AUTOR:
Bach. DURÁN MORALES JULIO CÉSAR

HUARAZ - ANCASH - PERÚ
JUNIO - 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL
 "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL
 TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el Señor Bachiller: **JULIO CESAR DURÁN MORALES**.

Tesis Titulada: **"REMOCIÓN DEL ALUMINIO, MANGANESO Y HIERRO DE LAS AGUAS DEL RÍO AUQUI, PARA SU POTABILIZACIÓN, EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE BELLAVISTA, HUARAZ – ANCASH, JULIO 2014 – JUNIO 2015"**

Y atendida a la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

.....Aprobado.....

Con el calificativo de:

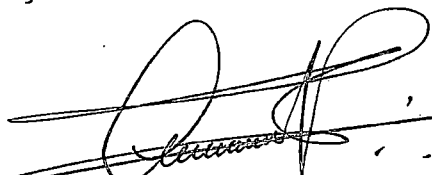
.....Dieciseis (16).....

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título de:

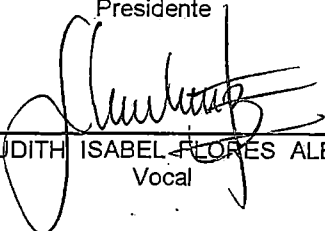
INGENIERO SANITARIO

De conformidad con los Artículos 48, 49, 50, 52, 53, 54 y 55 del Reglamento de Grado Académico de Bachiller y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

Huaraz, 02 de Junio del 2016.


 Dr. CESAR MANUEL DAVILA PAREDES
 Presidente


 B. ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR
 Secretaria


 Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
 Vocal


 Ing. KIRO FELIX DEPAZ CELI
 Asesor

CERTIFICACION A LA VUELTA

DEDICATORIA

A mis hijos **César Andrés y Julio Christopher**; a mi esposa **Giannina**, por amor a ellos vale la pena seguir superándose cada día.

A **Franco Marco, Alex Guido** y a **Erick Jhonardín**, quienes me apoyaron incondicionalmente en los momentos, que más los necesitaba.

AGRADECIMIENTO

Siempre resulta difícil agradecer a aquellas personas que han colaborado con un proceso, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar con justicia todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen. Partiendo de esta limitación y diciendo de antemano **MUCHAS GRACIAS** a todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo de esta tesis, deseo agradecer especialmente a:

- **A Dios**, por haber iluminado mi camino, por llenarme de fortaleza y paciencia, permitiendo que cumpla mis metas y objetivos.
- **A la Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”**, mi alma mater, en general y a todos los profesores, ya que gracias a sus enseñanzas y conocimientos impartidos en las aulas, han ayudado a mi formación profesional.
- **A la E.P.S. Chavín S.A.**, en general, por haberme brindado las facilidades del caso con el trabajo y el desarrollo de la tesis, a los compañeros de trabajo por su colaboración ante cada requerimiento.
- **A la familia de mi esposa**, por su constante apoyo y colaboración desinteresada en cada momento.
- **A mi familia** por su constante preocupación y su ayuda incondicional en todo momento de mi vida, gracias a ellos, he logrado en cumplir mi meta.
- **Al Asesor** de la tesis el Ing. Depaz Celi Kiko Félix, por sus aportes técnicos con experiencia y responsabilidad.
- Finalmente deseo decir un especial **MUCHAS GRACIAS** a los asesores externos de esta tesis el Ing. Andrés A. Castillo De la Cruz, el Ing. Miguel Gálvez Tafur y el Blgo. Wilton Mera Urbano, por su insistencia en abordar este desafío, por su permanente contribución en cada etapa del trabajo, por su dedicación y aporte intelectual y por el ejemplo brindado ante cada uno de los requerimientos planteados.
- Y a todos, que de alguna manera aportaron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
RELACIÓN DE CUADROS	ix
RELACIÓN DE TABLAS.....	ix
RELACIÓN DE FIGURAS	xiv
RELACIÓN DE GRÁFICOS.....	xiv
ANEXOS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
EXECUTIVE SUMMARY.....	xvii

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPITULO I OBJETIVOS DE LA TESIS

1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2

CAPITULO II EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Definición del Problema.....	3
2.2. Antecedentes del Estudio.....	4
2.3. Planteamiento del Problema.....	4
2.4. Formulación del Problema.....	5
2.5. Justificación del Problema.....	5
2.5.1. Justifacación Ambiental.....	5
2.5.2. Justifacación Social.....	5
2.5.3. Justifacación Económica.....	6
2.6. Importancia del Problema.....	6
2.7. Alcances de la Investigación.....	7
2.8. Limitaciones de la Investigación.....	7
2.9. Hipótesis.....	8
2.10. Definición Conceptual de las Variables.....	8
2.10.1. Variables Independiente.....	8
2.10.2. Variables Dependientes.....	8
2.10.3. Operacionalidad de las variables de la Investigación.....	8

CAPÍTULO III
MARCO REFERENCIAL Y MARCO TEORICO

3.1. Marco Referencial.....	9
3.2. Marco Teórico.....	10
3.2.1. Generalidades del Agua.....	10
3.2.2. Agua Potable.....	10
3.2.3. Calidad del Agua Potable.....	11
3.2.4. Límites Máximos Permisibles.....	11
3.2.5. Remoción.....	12
3.2.6. Dosis óptima.....	12
3.2.7. Potabilización.....	12
3.2.8. Cotaminantes físico-químicos del agua.....	12
3.2.8.1. Turbiedad.....	12
3.2.8.2. Color.....	13
3.2.8.3. Sabor y Olor.....	13
3.2.8.4. Conductividad eléctrica.....	13
3.2.8.5. Potencial de Hidrógeno (pH).....	14
3.2.8.6. Alcalinidad.....	14
3.2.8.7. Aluminio.....	14
3.2.8.8. Manganeseo.....	15
3.2.8.9. Hierro.....	15
3.3. Normatividad Peruana.....	16
3.4. Planta de tratamiento de agua potable.....	18
3.5. Tratamientos para la potabilización del agua.....	19
3.5.1. Mezacla Rápida.....	19
3.5.2. Coagulación.....	19
3.5.2.1. Factores que influyen en el proceso de la coagulación.....	19
3.5.3. Floculación.....	21
3.5.3.1. Cinética de la Floculación.....	21
3.5.3.2. Factores que influyen en la Floculación.....	22
3.5.4. Sedimentación.....	22
3.5.4.1. Partículas discretas.....	23
3.5.4.2. Partículas floculentas.....	23
3.5.5. Filtración.....	23
3.5.5.1. Factores que influyen en la Filtración.....	23
3.5.5.2. Características de un medio filtrante.....	25
3.5.6. Desinfección.....	27
3.5.6.1. Factores que influyen en la desinfección.....	27
3.5.6.2. Características de un buen desinfectante químico.....	28
3.5.6.3. Características del cloro gaseoso como desinfectante.....	29

3.6. Coagulantes.....	29
3.6.1. Clases de Coagulantes.....	29
3.6.1.1. Sales de Aluminio.....	29
3.6.1.2. Sales de Hierro.....	30
3.6.1.3. Polímeros o polielectrolitos	30
3.7. Prueba de Jarras	31
3.7.1. Factores que influyen en la prueba de jarras.....	32
3.7.2. Codiciones para la prueba de jarras	33
3.7.3. Precauciones para llevar una prueba de Jarras	34
3.7.4. Diferencia entre los reactores y la prueba de jarras	35
3.7.5. Criterios para la selección de los procesos de la prueba de jarras.	35
3.7.6. Criterios para la evaluación	38
3.8. La Micro cuenca del río Auqui.....	39
3.9. Sistema de tratamiento de Agua Potable de Bellavista.....	41
3.9.1. Captación del Coyllur.....	41
3.9.2. Desarenador de Coyllur.....	42
3.9.3. Línea de Conducción.....	42
3.9.4. Planta de Tratamiento de Bellavista.....	42

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA

4.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	45
4.1.1. Tipo de estudio.....	45
4.1.2. Definición de la población de estudio.....	45
4.1.3. Muestras de análisis.....	45
4.1.4. Análisis de los parámetros de la calidad del agua.....	46
4.1.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	46
4.1.6. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	47
4.2. Descripción de los Ensayos de Laboratorio.....	47
4.2.1. Materiales y Equipos para el test de jarras.....	47
4.2.1.1. Equipos.....	47
4.2.1.2. Materiales.....	48
4.2.1.3. Reactivos.....	48
4.2.1.4. Soluciones.....	48
4.2.2. Preparación de los insumos para la dosificación en el Test de Jarras.....	49
4.2.3. Determinación de la velocidad de sedimentación de las partículas discretas.....	50
4.2.4. Determinación del tiempo de disolución del hidróxido de calcio (cal).....	50
4.2.5. Determinación del tiempo de oxidación del Aluminio, Manganeso, y Hierro.....	52
4.2.6. Procedimiento Experimental.....	54
4.2.7. Número de Ensayos realizados	54

CAPÍTULO V
RESULTADOS

5.1. Ensayo de laboratorio con el test de jarras	56
5.1.1. Número de Ensayos realizados durante el periodo Julio 2014 - Junio 2015.....	56
5.1.1.1. Ensayo en el mes de Julio 2014.	56
5.1.1.2. Ensayo en el mes de Agosto 2014	58
5.1.1.3. Ensayo en el mes Septiembre 2014	59
5.1.1.4. Ensayo en el mes de Octubre 2014.....	61
5.1.1.5. Ensayo en el mes de Noviembre 2014.	62
5.1.1.6. Ensayo en el mes de Diciembre 2014	64
5.1.1.7. Ensayo en el mes de Enero 2015.	65
5.1.1.8. Ensayo en el mes de Febrero 2015	67
5.1.1.9. Ensayo en el mes de Marzo 2015.....	68
5.1.1.10. Ensayo en el mes de Abril 2015.....	70
5.1.1.11. Ensayo en el mes de Mayo 2015.	71
5.1.1.12. Ensayo en el mes de Junio 2015	72
5.1.2. Dosis óptima de los Insumos.....	74
5.1.2.1. Tabla de dosis óptima de los insumos con diferentes turbiedades	74
5.1.2.2. Gráfica de dosis óptima de los insumos	75
5.1.3. Condiciones iniciales y finales del Al, Mn y Fe en el test de jarras.....	76
5.1.4. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos con los insumos utilizados en el test de jarras.....	81
5.1.4.1. Remoción de la Turbiedad	82
5.1.4.2. Remoción del Aluminio.....	84
5.1.4.3. Remoción del Manganeso.....	86
5.1.4.4. Remoción del Hierro.....	88
5.1.5. Comportamiento del pH con los insumos utilizados en el test de jarras.....	90
5.2. Planta piloto experimental de Bellavista.....	91
5.2.1. Materiales utilizados para la prueba de trazadores.	92
5.2.2. Metodología para la prueba de trazadores en las plantas	92
5.2.2.1. Método de trazadores en la planta N° 01.....	92
5.2.2.2. Método de trazadores en la planta N° 02.....	94
5.2.3. Cálculo teórico del tiempo de retención de los decantadores de la planta de Bellavista	96
5.2.3.1. Planta de tratamiento N° 01	96
5.2.3.2. Planta de tratamiento N° 02	97
5.2.4. Cálculo teórico de la tasa de filtración de los filtros de la planta de Bellavista	97
5.2.4.1. Planta de tratamiento N° 01	97
5.2.4.2. Planta de tratamiento N° 02	97

5.2.5. Cálculo de las diferentes unidades de la planta piloto experimental de Bellavista	98
5.2.5.1. Unidad de Alcalinización	98
5.2.5.2. Unidad de Oxidación	99
5.2.5.3. Unidad de Pre-decantación.....	99
5.2.5.4. Unidad de Decantación	99
5.2.5.5. Unidad de Filtración	100
5.2.6. Procedimiento experimental.....	100
5.2.7. Número de Muestras tomadas y analizadas de la planta piloto experimental.....	102
5.2.8. Preparación de los insumos para dosificar en la planta piloto experimental de Bellavista	103
5.2.9. Caudal de la solución de los insumos para aplicar en la planta piloto experimental de Bellavista	105
5.2.9.1. Dosis óptima de los insumos utilizados en la planta piloto experimental de Bellavista	105
5.2.9.2. Gráfica del volumen de los insumos con respecto a la turbiedad de entrada del agua cruda	106
5.2.10. Parte experimental de la planta piloto de Bellavista durante el periodo Diciembre 2014 - Junio 2015	108
5.2.10.1. Muestras analizadas en el mes de Diciembre 2014	108
5.2.10.2. Muestras analizadas en el mes de Enero 2015.....	109
5.2.10.3. Muestras analizadas en el mes de Febrero 2015.....	110
5.2.10.4. Muestras analizadas en el mes de Marzo 2015.....	111
5.2.10.5. Muestras analizadas en el mes de Abril 2015	112
5.2.10.6. Muestras analizadas en el mes de Mayo 2015.....	112
5.2.10.7. Muestras analizadas en el mes de Junio 2015.....	113
5.2.11. Condiciones iniciales y finales del Aluminio, Manganeseo y Hierro en la planta piloto experimental de Bellavista.....	115
5.2.12. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos en la planta piloto experimental de Bellavista.....	119
5.2.12.1. Remoción de la Turbiedad	119
5.2.12.2. Remoción del Aluminio.....	120
5.2.12.3. Remoción del Manganeseo.....	122
5.2.12.4. Remoción del Hierro.....	124
5.2.13. Comportamiento del pH durante el tratamiento en la planta piloto experimental de Bellavista	125
5.3. Diseño preliminar del pre-tratamiento de la Planta de Bellavista.....	126
5.3.1. Cálculo de los parámetros necesarios	127
5.3.1.1. Censos de la Población de Huaraz.....	127
5.3.1.2. Densidad Poblacional.....	127

5.3.1.3. Consumo per cápita por conexión	128
5.3.1.4. Población proyectada para un horizonte de 10 años.....	128
5.3.1.5. Producción de agua potable en las diferentes plantas de su jurisdicción de la ciudad de Huaraz de La E.P.S. Chavín S.A.....	129
5.3.1.6. Caudal de diseño para el cálculo de las unidades previas	129
5.3.1.7. Consumo promedio diario anual, según RNE (Qm).....	130
5.3.2. Diseño preliminar de las diferentes unidades de tratamiento	131
5.3.2.1. Pre-sedimentador (Unidad de Alcalinización)	132
5.3.2.2. Sedimentador (Unidad de Oxidación)	137
5.3.2.3. Pre-decantador (Unidad de Floculación y Decantación)	142

CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Análisis de los parámetros físico-químicos del agua cruda	151
6.2. Ensayo de laboratorio con el Test de Jarras.....	151
6.2.1. Parámetros físico-químicos finales	151
6.2.2. Dosis óptima de los insumos.....	152
6.2.3. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos	153
6.2.4. Comportamiento del pH durante la Prueba de Jarras.....	154
6.3. Planta piloto experimental de Bellavista.....	154
6.3.1. Parámetros físico-químicos finales	154
6.3.2. Dosis óptima de los insumos.....	155
6.3.3. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos.	156
6.3.4. Comportamiento del pH en la Planta piloto experimental	156
6.4. Propuesta de las unidades del tratamiento previo.	157
6.4.1. Unidad de Alcalinización	157
6.4.2. Unidad de Oxidación	157
6.4.3. Unidad de Pre-decantación	158

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.	159
7.1. Recomendaciones.	161

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. Bibliografías.....	163
8.2. Páginas Web.	165

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N° 1. Operacionalidad de las variables.	8
Cuadro N° 2. Valores normales de materiales filtrantes	26
Cuadro N° 3. Índice de Willcomb, para evaluar cualitativamente el floc producido	39

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla N° 01. Límite máximo permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	17
Tabla N° 02. Límite máximo permisibles de parámetros de calidad organoléptica	18
Tabla N° 03. Resultados del tiempo de disolución de la cal	51
Tabla N° 04. Resultados del tiempo de oxidación del Aluminio, Manganeso y Hierro	53
Tabla N° 05. Número de ensayos realizados durante los meses de estudio (test de jarras).	55
Tabla N° 06. Resultados de la turbiedad, pH, Aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Julio 2014	57
Tabla N° 07. Dosificación de hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Julio 2014.....	57
Tabla N° 08. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Julio 2014	57
Tabla N° 09. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Julio 2014	57
Tabla N° 10. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Julio 2014.	58
Tabla N° 11. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Agosto 2014	58
Tabla N° 12. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Agosto 2014.....	58
Tabla N° 13. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Agosto 2014	59
Tabla N° 14. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Agosto 2014	59
Tabla N° 15. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Agosto 2014	59
Tabla N° 16. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Septiembre 2014	60
Tabla N° 17. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Septiembre 2014.....	60
Tabla N° 18. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Septiembre 2014.....	60
Tabla N° 19. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Septiembre 2014.....	60

Tabla N° 20. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Septiembre 2014	61
Tabla N° 21. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Octubre 2014.....	61
Tabla N° 22. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Octubre 2014	61
Tabla N° 23. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Octubre 2014.....	62
Tabla N° 24. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Octubre 2014.....	62
Tabla N° 25. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Octubre 2014.....	62
Tabla N° 26. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Noviembre 2014	63
Tabla N° 27. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Noviembre 2014.....	63
Tabla N° 28. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Noviembre 2014.....	63
Tabla N° 29. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Noviembre 2014.....	63
Tabla N° 30. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Noviembre 2014	64
Tabla N° 31. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Diciembre 2014	64
Tabla N° 32. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Diciembre 2014.....	64
Tabla N° 33. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Diciembre 2014	65
Tabla N° 34. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Diciembre 2014	65
Tabla N° 35. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Diciembre 2014	65
Tabla N° 36. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Enero 2015.....	66
Tabla N° 37. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Enero 2015.....	66
Tabla N° 38. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Enero 2015.....	66
Tabla N° 39. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Enero 2015	66

Tabla N° 40. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Enero 2015.....	67
Tabla N° 41. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Febrero 2015.....	67
Tabla N° 42. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Febrero 2015.....	67
Tabla N° 43. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio(prueba de jarras) en el mes de Febrero 2015.....	67
Tabla N° 44. El Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Febrero 2015.....	68
Tabla N° 45. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Febrero 2015.....	68
Tabla N° 46. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Marzo 2015.....	68
Tabla N° 47. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Marzo 2015.....	69
Tabla N° 48. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Marzo 2015.....	69
Tabla N° 49. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Marzo 2015.....	69
Tabla N° 50. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Marzo 2015.....	69
Tabla N° 51. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Abril 2015.....	70
Tabla N° 52. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Abril 2015.....	70
Tabla N° 53. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Abril 2015.....	70
Tabla N° 54. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Abril 2015.....	71
Tabla N° 55. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Abril 2015.....	71
Tabla N° 56. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Mayo 2015.....	71
Tabla N° 57. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Mayo 2015.....	72
Tabla N° 58. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Mayo 2015.....	72
Tabla N° 59. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Mayo 2015.....	72

Tabla N° 60. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Mayo 2015.....	72
Tabla N° 61. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, Manganeso, y Hierro del agua cruda en el mes de Junio 2015	73
Tabla N° 62. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Junio 2015.....	73
Tabla N° 63. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Junio 2015.....	73
Tabla N° 64. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Junio 2015.....	73
Tabla N° 65. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Junio 2015.....	74
Tabla N° 66. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en la Prueba de Jarras.....	74
Tabla N° 67. Condiciones iniciales y finales del Aluminio de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras	76
Tabla N° 68. Condiciones iniciales y finales del Manganeso de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras	78
Tabla N° 69. Condiciones iniciales y finales del Hierro de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras	79
Tabla N° 70. Porcentaje de remoción de Turbiedad	82
Tabla N° 71. Porcentaje de remoción del Aluminio.....	84
Tabla N° 72. Porcentaje de remoción del Manganeso.....	86
Tabla N° 73. Porcentaje de remoción del Hierro.....	88
Tabla N° 74. Comportamiento del pH en los análisis realizados	90
Tabla N° 75. Comportamiento de la Conductividad con respecto al tiempo, en el decantador pulsator de la Planta de Bellavista N° 01.....	93
Tabla N° 76. Comportamiento de la Conductividad con respecto al tiempo, en el decantador pulsator de la Planta de Bellavista N° 02.....	95
Tabla N° 77. Número de muestras tomadas y analizadas durante los meses de estudio.....	103
Tabla N° 78. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en el tratamiento del agua del río Auqui	106
Tabla N° 79. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Diciembre 2014	108
Tabla N° 80. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Diciembre 2014.....	108
Tabla N° 81. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Diciembre 2014	108
Tabla N° 82. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Enero 2014	109

Tabla N° 83. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Enero 2014.....	109
Tabla N° 84. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Enero 2014.....	109
Tabla N° 85. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Febrero 2014.	110
Tabla N° 86. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Febrero 2014.....	110
Tabla N° 87. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Febrero 2014.....	110
Tabla N° 88. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Marzo 2014.....	111
Tabla N° 89. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Marzo 2014	111
Tabla N° 90. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Marzo 2014	111
Tabla N° 91. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Abril 2014	112
Tabla N° 92. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Abril 2014.....	112
Tabla N° 93. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Abril 2014	112
Tabla N° 94. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Mayo 2014.....	113
Tabla N° 95. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Mayo 2014	113
Tabla N° 96. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Mayo 2014.....	113
Tabla N° 97. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Junio 2014	114
Tabla N° 98. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Junio 2014.....	114
Tabla N° 99. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Junio 2014.....	114
Tabla N° 100. Condiciones iniciales y finales del Aluminio de la 26 muestras analizadas de la planta piloto experimental	115
Tabla N° 101. Condiciones iniciales y finales del Manganeso de las 26 muestras analizadas de la planta pilotosexperimental	116
Tabla N° 102. Condiciones iniciales y finales del Hierro de las 26 muestras analizadas de la planta piloto experimental	117

Tabla N° 103. Porcentaje de remoción de Turbiedad	119
Tabla N° 104. Porcentaje de remoción del Aluminio.....	120
Tabla N° 105. Porcentaje de remoción del Manganeseo.....	122
Tabla N° 106. Porcentaje de Remoción del Hierro	124
Tabla N° 107. Comportamiento del pH en los análisis realizados	125
Tabla N° 108. Población urbana en la ciudad de Huaraz.....	127
Tabla N° 109. Densidad poblacional	127
Tabla N° 110. Población futura para los 10 años próximos.....	129
Tabla N° 111. Producción de agua potable de las 3 plantas de tratamiento de E.P.S. Chavín S.A. Enero-Febrero 2016.....	129

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N° 1. Equipo Prueba de jarras.....	32
Figura N° 2. Jarras de precipitado de 1 litro	36
Figura N° 3. Jarras de precipitado de 2 litros	36
Figura N° 4. Sifón para la toma de muestras	36
Figura N° 5. Abaco que relaciona el gradiente de velocidad con las revoluciones por minuto de un equipo de prueba de jarras con recipientes de 2 litros	37
Figura N° 6. Ubicación de la Micro-cuenca Hidrográfica del río Auqui	41
Figura N° 7. Ubicación de la Planta de Tratamiento de agua potable de Bellavista.....	44

RELACIÓN DE GRÁFICAS

Gráfica N° 01. Curva de disolución de la cal.....	52
Gráfica N° 02. Determinación del tiempo de oxidación del ALuminio, Manganeseo y Hierro	54
Gráfica N° 03. Turbiedad - Dosis óptima de los insumos (rango de 0 a 30 NTU)	75
Gráfica N° 04. Turbiedad - Dosis óptima de los insumos (rango de 30 a 630 NTU)	75
Gráfica N° 05. Aluminio inicial y final de los 52 ensayos realizados	77
Gráfica N° 06. Manganeseo inicial y final de los 52 ensayos realizados	79
Gráfica N° 07. Hierro inicial y final de los 52 ensayos realizados	81
Gráfica N° 08. Porcentaje de remoción de la turbiedad	83
Gráfica N° 09. Porcentaje de remoción del Aluminio	85
Gráfica N° 10. Porcentaje de remoción del Manganeseo	87
Gráfica N° 11. Porcentaje de remoción del Hierro	89
Gráfica N° 12. Comportamiento del pH en los análisis realizados en la Prueba de Jarras	91
Gráfica N° 13. Tiempo de retención del decantador pulsator (Planta Bellavista N°01).....	94
Gráfica N° 14. Tiempo de retención del decantador pulsator (Planta Bellavista N°02).....	96
Gráfica N° 15. Turbiedad - Caudal de insumos (rango de 0 a 30 NTU)	107
Gráfica N° 16. Turbiedad - Caudal de insumos (rango de 30 a 630 NTU)	107
Gráfica N° 17. Aluminio inicial y final de las 26 muestras analizadas.....	116
Gráfica N° 18. Manganeseo inicial y final de las 26 muestras analizadas.....	117

Gráfica N° 19. Hierro inicial y final de las 26 muestras analizadas	118
Gráfica N° 20. Porcentaje de remoción de turbiedad (planta piloto).....	120
Gráfica N° 21. Porcentaje de remoción del aluminio (planta piloto).....	122
Gráfica N° 22. Porcentaje de remoción del manganeso (planta piloto)	123
Gráfica N° 23. Porcentaje de remoción del hierro (planta piloto).....	125
Gráfica N° 24. Comportamiento del pH (planta piloto).....	126

ANEXOS

Anexo N° 1. Presupuesto para el desarrollo de la Tesis	
Anexo N° 2. Certificados de calibración de los equipos de laboratorio	
Anexo N° 3. Certificados de las especificaciones técnicas de los insumos utilizados	
Anexo N° 4. Reportes de análisis de laboratorio de los ensayos del test de jarras y muestras de la planta piloto experimental de Bellavista	
Anexo N° 5. Diagrama de flujos propuesto de la planta de tratamiento de agua potable de Bellavista	
Anexo N° 6. Planos propuestos para el tratamiento previo en la planta de Bellavista	
Anexo N° 7. Panel fotográfico	

RESUMEN EJECUTIVO

En los análisis físico-químicos realizados de las aguas del río Auqui se determinaron que los componentes químicos presentes varían de acuerdo a las estaciones del año como el aluminio de 0.75 mg/l (Marzo del 2015) a 0.96 mg/l (Noviembre del 2014), el manganeso de 0.32 mg/l (Marzo-Abril del 2015) a 0.49 mg/l (Noviembre del 2014), el hierro de 0.54 mg/l (Marzo del 2015) a 0.69 mg/l (Noviembre del 2014), el pH de 4.51 unidades (Noviembre del 2014) a 5.48 unidades (Marzo del 2015) y la turbiedad 2.25 NTU (Junio del 2014) a 623 NTU (Marzo del 2015).

En los resultados obtenidos después de la prueba de jarras, nos demuestran, la remoción de los componentes químicos en un promedio de: el aluminio en 93.6%, el manganeso en 85.6%, el hierro en 93%, la turbiedad en 64.4% y el pH nos da un resultado de 7.10 unidades estando dentro del rango de 6.5 a 8.5 unidades. De esta prueba se obtiene la dosis óptima y la curva de dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio de acuerdo a la turbiedad del agua cruda que se presenta durante un ciclo estacional (12 meses).

Mientras que en los resultados obtenidos después del tratamiento de la planta piloto experimental, nos demuestran, la remoción de los componentes químicos en un promedio de: el aluminio en 97.7%, el manganeso en 91.7%, el hierro en 97.8%, la turbiedad en 97.7% y el pH nos da un resultado de 7.20 unidades estando dentro del rango de 6.5 a 8.5 unidades, lo que demuestra que la remoción es mejor con la planta piloto experimental.

Con los resultados de este proceso de investigación, realizado dentro de las instalaciones de la E.P.S. Chavín S.A., durante un ciclo estacional permitieron establecer el diseño hidráulico de las unidades de Alcalinización (T_R : 70 min), Oxidación (T_R : 90 min), y Pre-decantación (T_R : 120 min), para el tratamiento de las aguas del río Auqui, obteniendo agua potable de calidad, dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

EXECUTIVE SUMMARY

In the physical-chemical analyzes of the waters of Auqui River were determined that the chemical components present vary according to the seasons as aluminum of 0.75 mg / l (March 2015) to 0.96 mg / l (November 2014), manganese of 0.32 mg / l (March-April 2015) to 0.49 mg / l (November 2014), the iron of 0.54 mg / l (March 2015) to 0.69 mg / l (November 2014) 4.51 pH units (November 2014) to 5.48 units (March 2015) and turbidity 2.25 NTU (June 2014) to 623 NTU (March 2015).

The results obtained after jar testing, we demonstrate the removal of the chemical components in an average of: the aluminum 93.6%, manganese in 85.6%, iron of 93%, turbidity in 64.4% and pH gives us a result of 7.10 units being within the range of 6.5 to 8.5 units. In this test the optimal dose and dosing curve calcium hydroxide, calcium hypochlorite and poly aluminum chloride according to the raw water turbidity that occurs during a seasonal cycle (12 months) is obtained.

While the results obtained after treatment of experimental pilot plant, we demonstrate the removal of the chemical components in an average of: the aluminum 97.7%, manganese in 91.7%, iron by 97.8%, the turbidity 97.7% and pH gives us a result of 7.20 units 8.5 units being within the range of 6.5, which shows that the removal is better with the experimental pilot plant.

With the results of this research process conducted within the premises of the E.P.S. Chavin SA, during a seasonal cycle allowed to establish the hydraulic design of the units Alkalinisation (TR: 70 min), oxidation (TR: 90 min), and Pre-decantation (TR: 120 min), for the treatment of waters Auqui river, obtaining drinking water quality within the maximum permissible limits laid down in Regulation of water quality for Human Consumption DS No. 031-2010-SA, issued by the General Directorate of Environmental Health Ministry of Health.

INTRODUCCIÓN

El agua es de vital importancia para el desarrollo de los pueblos, a nivel global, alrededor del 97% de agua que hay en la tierra es salada, el 3% se encuentra en forma de hielo, sólo un 0,7% del agua de la tierra es dulce, y se encuentra en forma de lagos, ríos, acuíferos y vapor. Durante el recorrido el agua va contaminándose, disolviendo gases y compuestos minerales, incorporando partículas en suspensión de naturaleza orgánica e inorgánica, esta contaminación está asociada a las características físicas, químicas y biológicas que impiden o dificultan su uso según las aplicaciones a las que se destina.

El déficit del recurso hídrico; en épocas de estiaje, específicamente el río Paria; ha motivado a mirar el aprovechamiento de las aguas del río Auqui, como alternativa de solución para el abastecimiento del agua potable a la ciudad de Huaraz en el departamento de Ancash; el Aluminio, Manganeseo y hierro presentes en el agua de este río, presentan serios problemas para la infraestructura de redes, válvulas y micromedidores por las incrustaciones y formación de biopelículas en el interior de las tuberías, además son indeseables por sus efectos negativos de calidad y estética, que tienden a ser rechazados por los usuarios.

El propósito de la presente Investigación es buscar y revisar alternativas de solución para la remoción del Aluminio, Manganeseo y Hierro a escala de laboratorio (test de jarras), escala piloto (planta experimental) y proponer el diseño hidráulico con la perspectiva de potenciar el uso de las aguas del río Auqui, aprovechando sus bondades, por el bajo riesgo microbiológico que presenta y por su gran disponibilidad de recurso. Con el tratamiento de las aguas del río Auqui en la planta de Bellavista de E.P.S. Chavín S.A., se reducirá sus contaminantes fisico-químicos y se logrará que sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas cumplan con las especificaciones contenidas en las normas que regulan la materia, así elevar la calidad de vida del usuario y contribuir a la disminución de enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

El Autor.

CAPÍTULO I

OBJETIVOS DE LA TESIS

1.1. Objetivo General

- Remover el Aluminio, Manganeso y Hierro de las aguas del río Auqui para obtener agua de consumo humano en la planta de tratamiento de Bellavista, Huaraz-Ancash, Julio 2014 - Junio 2015.

1.2. Objetivos Específicos

- Analizar e identificar los parámetros físicos-químicos de las aguas del río Auqui, para proponer el tipo de tratamiento.
- Determinar la dosis óptima de los insumos y/o coagulante en base a los resultados obtenidos en la prueba de jarras, y construir sus respectivas tablas y curvas.
- Realizar un modelo de Planta de Tratamiento a escala piloto, en las instalaciones de la Planta de Bellavista.
- Proponer el diseño hidráulico para el tratamiento previo de las aguas del río Auqui en la Planta de Tratamiento de Bellavista, Huaraz-Ancash, Junio 2014 - Julio 2015.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Definición del Problema

La E.P.S Chavín S.A. como una entidad prestadora de servicios de agua potable a la ciudad de Huaraz, se preocupa por la mejora de la calidad y cantidad, específicamente por este último por el déficit del recurso hídrico del río Paria en épocas de estiaje por la desglaciación desmedida de los nevados de la Cordillera Blanca, generando la disminución del caudal de dicho río.

A esto se suma también el crecimiento de la población de la ciudad de Huaraz, que trae como consecuencia el incremento del consumo de agua potable, producto que en estos últimos años ha tenido una insuficiencia sobre todo en las épocas de estiaje; en este sentido encontramos, el aprovechamiento de las aguas del río Auqui, como alternativa de solución para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Huaraz, que en su composición presenta componentes químicos como: Aluminio, Manganeso y Hierro en rangos medianamente elevados, que ocasiona la disminución de pH (agua ácida); pues estas, están asociadas a problemas estéticos y operacionales que tienden a ser rechazados por los usuarios.

2.2. Antecedentes del Estudio

La E.P.S. Chavín S.A., cuenta con estudios realizados, sobre este tema del cual se intentaron remover estos elementos químicos entre los años 2002 a 2007, pero no se llegó a remover por completo ya que después de la planta de tratamiento o para ser más exacto en las tuberías de distribución se seguía removiendo, tal es el caso tenemos las incrustaciones de manganeso en las micromediciones e instalaciones sanitarias, dando un aspecto inaceptable por parte de los usuarios.

Entre los años 2006-2007 se desarrolló una Tesis, por una alumna de Ingeniería Química de la UNI, para la remoción de los mismos, pero, que no se detallan con claridad sobre el tratamiento de estos elementos.

Por esta razón, que desde el año 2009, se optó por elegir la fuente del río Paria, para abastecer a la planta de tratamiento de Bellavista a través de una trasvase en el sector Llama-ruri que cruza el río Auqui.

2.3. Planteamiento del Problema.

Por los problemas expuestos anteriormente, esta Tesis se orientará a identificar y determinar como alternativa de solución la remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro con la perspectiva de potenciar el uso de las aguas del río Auqui, aprovechando sus bondades de bajo riesgo microbiológico y por su gran disponibilidad de recurso hídrico.

En tales circunstancias surge la alternativa de emplear como fuente las aguas del río Auqui, que son susceptibles de ser tratados para obtener un producto con estos componentes dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

Con la problemática explicada líneas arriba, surge la motivación de plantear el presente trabajo de investigación cuyo problema es:

¿Cómo potabilizar agua, para consumo Humano mediante la remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro de las aguas del río Auqui, en la Planta de Tratamiento de Bellavista?

2.4. Formulación del Problema

Como se sabe, la presencia del Al, Mn y Fe en las aguas superficiales y subterráneas provocan ciertas inconveniencias en los sistemas de abastecimiento, tales como la aparición de manchas en las ropas, instalaciones sanitarias y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua de bebida (olor, sabor y color), además de todos los problemas asociados de bioensuciamiento y corrosión microbiológica causado por las “bacterias del hierro” en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos.

En el Perú diferentes ciudades presentan estos problemas cualitativos en sus aguas de abastecimiento relacionados con la presencia de sales de Al, Mn y Fe, este hecho es provocado por la disolución de rocas y minerales, cuando las corrientes de aguas superficiales, pluviales o subterráneas entran en contacto con los suelos etc., ricos en óxido de Al, Mn y Fe.

2.5. Justificación del Problema

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud, por este motivo es necesario realizar esta Investigación para el beneficio de la población huaracina, por las siguientes razones.

2.5.1. Justificación Ambiental.- Al optimizar el sistema de tratamiento de una porción de las aguas del río Auqui, se disminuirá la contaminación de agua ácida al cuerpo receptor, como es el caso específico el río Quilcay.

2.5.2. Justificación Social.- Con la remoción de los componentes químicos de las aguas del río Auqui en la Planta de Bellavista se cuidará la salud y se elevará la

calidad de vida de la población, que contribuirá a la disminución de enfermedades.

El aluminio es de gran importancia para la salud, ya que interviene en el proceso enzimático y se relaciona con la deshidrogenasa succínica que es un transportador de oxígeno indispensable para el organismo, sin embargo en grandes cantidades puede ser peligroso para la salud como: Pérdida de la memoria, apatía, demencia y temblores severos.

El manganeso es un elemento esencial para la vida; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central.

El hierro es un mineral que nuestro cuerpo necesita para muchas funciones, como para producir las proteínas: hemoglobina y mioglobina, por lo que no existe riesgos para la salud, pero puede afectar el sabor del agua, produce manchas indeseables en los artefactos sanitarios y la ropa blanca, también puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones.

2.5.3. Justificación Económica.- Al optimizar el sistema de tratamiento de las aguas del río Auquí, la Empresa no se verá afectado económicamente, porque seguirán utilizando tres insumos químicos, al igual que para el tratamiento del río Paria se utilizan tres insumos químicos. Sólo se hará un cambio de uno de los insumo por otro.

Al tener un conocimiento más profundo sobre la calidad química de esta fuente de agua, la Entidad tendrá una herramienta importante que le permitirá tomar las acciones que sean necesarias para adecuar los procesos de tratamiento de la Planta de Bellavista para su potabilización, haciendo uso de los insumos químicos necesarios de manera racional y adecuada.

2.6. Importancia del Problema

Con la implementación de la Tesis planteada, se mejorará la calidad y cantidad del agua potable, evitando los problemas de las infraestructuras de redes, válvulas y

micro-medidores por las incrustaciones y formación de biopelículas en el interior de las tuberías, consecuentemente mejorará la calidad de vida de la población.

El presente trabajo de Investigación será entregado a la E.P.S. Chavín S.A., como un aporte para la mejora del agua potable a los usuarios de la ciudad de Huaraz.

2.7. Alcances de la Investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio y las instalaciones de la Planta de tratamiento de Bellavista de la E.P.S. Chavín S.A. de la ciudad de Huaraz, región Ancash.

Las muestras de agua para los análisis de los parámetros físico-químicos y prueba de jarras fueron representativas y tomadas de puntos específicos.

La temporalidad del presente trabajo fue de 12 meses, desde Julio del 2014 hasta Junio del 2015, tiempo en el cual se tomaron de cuatro a cinco muestras por mes, obteniéndose en total 52 muestras. En este tiempo se cubrieron las estaciones climáticas más importantes de esta fuente; la época de avenida y la época de estiaje. Con los resultados obtenidos se realizaron los análisis y las comparaciones de los parámetros con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

2.8. Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones del presente trabajo de investigación se presentaron al no tener insumos en stock en el laboratorio, para realizar los análisis de otros componentes químicos, pero sin embargo, cuando se mandaron a realizar los análisis con un laboratorio acreditado (CERPER), todos los parámetros están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

2.9. Hipótesis.

Con la remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro de las aguas del río Auqui, mejorará la calidad y cantidad de agua potable para abastecer a la población de la ciudad de Huaraz-Ancash, Julio 2014 - Junio 2015.

2.10. Definición Conceptual de las Variables

2.10.1. Variable Independiente

- Aguas del Río Auqui.

2.10.2. Variables Dependientes

- Remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro para su Potabilización en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Bellavista-Huaraz, Ancash, Julio del 2014 - Junio del 2015.

2.10.3. Operacionalidad de las variables de la Investigación

Cuadro N° 1. Operacionalidad de las variables

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES		
Variables	Indicadores	Fuente
Independiente: Aguas del río Auqui.	<ul style="list-style-type: none">• Caudal.• Parámetros físico-químicos.	<ul style="list-style-type: none">• Aforo.• Análisis del agua.
Dependientes: Remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro para su potabilización en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Bellavista-Huaraz, Ancash, Julio del 2014 - Junio del 2015.	<ul style="list-style-type: none">• Dosis óptima de los insumos y/o coagulante.• Concentración del Aluminio, Manganeso y Hierro.	<ul style="list-style-type: none">• Prueba de Jarras.• Análisis de los parámetros físico-químicos.

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL Y MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Referencial

Los sistemas de agua en el Perú, se rige por Reglamentos, Normas, Guías, Decretos Supremos, Leyes Generales, etc., que tienen carácter de Norma Técnica Referencial y estos son:

- Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS, Tercera Edición 2004.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338).
- Ley General de Salud 1997 (Ley N° 26842).
- Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA.).
- Reglamento Nacional de Edificaciones, (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), 2006.
- Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente”, del 15/10/2005
- Resolución Jefatural N° 579-2010-ANA, Reglamento de Procedimientos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua.
- Ley N° 27446 “Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental”, del 23/04/2001.

- Aprueban los Estándares de Calidad Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM del 31/07/2008.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua.
- D.S. N° 016-2009-MINAM “Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental”, del 25/09/2009.
- D.L. N° 997- Crea la Autoridad Nacional del Agua, como organismo público adscrito al Ministerio de Agricultura, (12/03/2008).
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental - LEY N° 29325.

3.2. Marco Teórico.

3.2.1. Generalidades del Agua.

El agua es un líquido transparente insípido e inodoro que resulta de la combinación de dos moléculas de hidrógeno por una de oxígeno, su fórmula es H₂O, que en estado puro es incoloro e insípido con un punto de congelación de 0°C y su punto de ebullición es de 100°C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse. Se puede considerar como un sistema ecológico en equilibrio que presenta un cierto número de propiedades físicas, químicas y biológicas estrechamente relacionadas, constituyendo la base de todas las comunidades vivas o habitadas.

3.2.2. Agua Potable

Se considera agua potable, toda agua natural o producida por un tratamiento de potabilización que cumpla con las Normas de calidad establecidas para tal fin. El agua potable se produce a partir del agua contaminada que proviene de aguas superficiales (lagos, arroyos, lagunas, ríos, mares, océanos y glaciares), subterráneas (pozos profundos) y atmosféricas (lluvias).

Así también, el agua potable tiene una importancia mucho mayor para la salud, ya que evita numerosas enfermedades y la pérdida de gran número de

horas de trabajo, entendiéndose como agua potable, el agua apta para consumo humano la cual debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que pueden producir efectos fisiológicos perjudiciales.

3.2.3. Calidad del Agua Potable

La calidad del agua, está caracterizado por su composición físico-química y biológica, exenta de sustancias desagradables para el consumo humano (color, turbiedad, olor, sabor), y de microorganismos que sean peligrosos para la salud de los consumidores. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales nacionales e internacionales, para lo cual deberá reunir dos características:

- Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
- Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

3.2.4. Límites Máximos Permisibles

El Límite Máximo Permissible (LMP) es la medida de concentración, grado de elementos, sustancias o parámetros físico-químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud humana.

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales; a falta de éstas, se toman en cuenta las Normas Internacionales. En nuestro caso se toma El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, se indican en el Anexo N° 01.

3.2.5. Remoción

Es el proceso mediante el cual se eliminan los contaminantes físico-químicos y/o bacteriológicos del agua y dejar aptos para el consumo humano, este proceso se realiza en las plantas de tratamientos de agua potable acondicionadas para este fin.

3.2.6. Dosis óptima

Es la que produce la mejor desestabilización de las partículas coloidales que permite la formación de un flóculo pesado y compacto que pueda ser fácilmente retenido en los decantadores y que no se rompa al pasar por los filtros, la dosis óptima se consigue por medio de la selección del coagulante, pH, gradientes, tiempos de mezcla, entre otros.

3.2.7. Potabilización

Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda con el fin de remover o reducir sus contaminantes y lograr que sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas cumplan las especificaciones contenidas en las normas que regulan la materia. El agua debe ser tratada debido a la presencia de impurezas como sólidos suspendidos, materiales colorantes, microorganismos, materia orgánica, gases disueltos, minerales y otros.

3.2.8. Contaminantes físico-químicos del agua

3.2.8.1. Turbiedad

La turbidez en el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

Es la expresión de la propiedad o efecto óptica causado por la dispersión o interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua.

3.2.8.2. Color

El color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y a veces minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Dos tipos de color se reconocen en el agua: el **color verdadero**, es el color de la muestra una vez que la turbiedad ha sido removida; y el **color aparente** que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

3.2.8.3. Sabor y Olor

Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materia orgánica en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.

3.2.8.4. Conductividad Eléctrica

Es una expresión numérica de la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad valencia y concentración relativa así como de la temperatura de medición. El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja, El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de estos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos.

3.2.8.5. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógenos $pH = -\log(1/[H^+])$. La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor que 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino.

3.2.8.6. Alcalinidad

Es la medida de la capacidad para neutralizar ácidos, contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonatos (CO_3HN), carbonato (CO_3N_2) y oxidrilos (OHN), pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es la fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas. Se mide en las mismas unidades que la dureza como mg/L en ppm de $CaCO_3$.

3.2.8.7. Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua.

Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm. El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. *El pH de oxidación del aluminio es en promedio de 8,5.*

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud,

ha establecido un valor máximo de 0,2 mg/L de aluminio para aguas de consumo humano.

3.2.8.8. Manganeseo

El manganeseo es un elemento esencial para la vida; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeseo en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central, produce manchas tenaces en la ropa lavada y en ciertas concentraciones, suele ocasionar la aparición de un revestimiento en las tuberías que puede desprenderse en forma de un precipitado negro (MnO_2).

Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles. *El pH de oxidación del manganeseo es en promedio de 9,5.*

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, establecen como valor máximo 0,4 mg/L, por consideraciones principalmente relacionadas con el sabor y el olor del agua.

3.2.8.9. Hierro

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada.

El ión hierro se presenta como ión ferroso, (Fe^{+2}), o en la forma más oxidada del ión férrico, (Fe^{+3}), suspendida o disuelta.

En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico. *Esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5.*

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, recomienda que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/L de hierro.

3.3. Normatividad Peruana

En el Perú los parámetros de la calidad del agua potable se regulan bajo las condiciones del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud. Esta norma se aplica a todas las Empresas Prestadoras de Servicios que suministran el agua para consumo humano a nivel nacional, con la participación del Ministerio de Salud - DIGESA en la ciudad Capital y las DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental) en las ciudades de los departamentos, con el apoyo de las autoridades ambientales y sanitarias.

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA., Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud-2013. Según este Reglamento en su *TÍTULO IX (REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO)*, se define el agua potable en:

Artículo 59°.-Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichiacoli;

2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud.

Artículo 60°.- Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el Plan de Control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para

consumo humano, no debe exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originan el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad Organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co.	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.
Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud.

3.4. Planta de tratamiento de agua potable.

Una planta de tratamiento de agua es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presentes en el agua cruda, hasta obtener los parámetros dentro de los límites aceptables estipulados por las normas.

3.5. Tratamientos para la potabilización del agua

Para la potabilización, es necesario someter el agua a varios tratamientos en diferentes unidades, que comprenden:

3.5.1. Mezcla Rápida

La mezcla rápida tiene por finalidad la dispersión inmediata de toda la dosis de sustancias químicas a través de la masa de agua cruda. Para lograr esto, es necesario agitar el agua violentamente e inyectar la sustancia química en la zona más turbulenta para asegurar su dispersión uniforme y rápida.

El mezclado tiene que ser rápido porque la hidrólisis del coagulante es casi instantánea (en pocos segundos). La desestabilización de los coloides también toma muy poco tiempo.

3.5.2. Coagulación

Mediante el proceso de coagulación se neutraliza la carga eléctrica del coloide anulando las fuerzas electrostáticas repulsivas, esta neutralización suele realizarse aplicando al agua determinadas sales de aluminio o hierro (coagulantes); de forma que los cationes trivalentes de aluminio o hierro neutralizan las cargas eléctricas negativas que suelen rodear a las partículas coloidales dispersas en el agua.

La coagulación y la floculación tienen lugar en sucesivas etapas, de forma que una vez desestabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permita el crecimiento de los microflóculos, apenas visibles a simple vista, hasta formar mayores flóculos. Al observar el agua que rodea a los microflóculos, ésta debería estar clara; si esto no ocurre, lo más probable es que todas las cargas de las partículas no han sido neutralizadas y por tanto la coagulación no se ha completado, en este caso será necesario añadir más coagulante.

3.5.2.1. Factores que influyen en el proceso de la coagulación

- a) Tipos de coagulantes.

b) Cantidad de coagulante necesario para llegar al punto óptimo.

c) Características del agua, pH.

Existen, para cada coagulante, una zona de trabajo según el pH donde se puede producir buena coagulación a corto plazo con un tiempo razonable.

d) Tiempo de mezcla y floculación.

Al conjunto se le llama periodo de floculación, y se define como el tiempo transcurrido entre la adición de coagulante y el final de la agitación del agua a una velocidad que impida la decantación de la materia coagulada.

e) Temperatura del agua.

La influencia de la temperatura afecta en el tiempo requerido para una correcta formación de flóculos: a bajas temperaturas será más largo para la misma cantidad de coagulante.

f) Fuerza de agitación.

Se comprueba que la velocidad de 30-40 cm/s en los tanques, reduce el periodo de coagulación.

g) Presencia de núcleos.

Las partículas sólidas en suspensión, actúan como núcleos de formación de flóculos, por lo que el agua poco turbida será difícil tratar.

h) Alcalinidad.

La alcalinidad guarda la relación con el pH y por lo tanto el contenido de alcalinidad del agua es uno de los factores por considerar en la coagulación.

La característica de los coagulantes es que son la fuerza opuesta al coloide, y para crear potencial nulo, deben tener fuerza de carga (valencia) para que la rapidez de la ruptura de la estabilidad sea lo más corta posible. Deben ser pesados para que los flóculos formados se puedan separar rápidamente por precipitación.

3.5.3. Floculación

La floculación es un proceso de agitación suave y continua del agua coagulada con el propósito de formar flóculos que puedan ser removidos fácilmente mediante sedimentación o filtración.

La formación de los flóculos es consecuencia de la agrupación de las partículas descargadas al ponerse en contacto unas con otras causada por la colisión entre las partículas.

El coagulante aplicado da lugar a la formación del flóculo, pero es necesario aumentar su volumen, su peso y especialmente su cohesión. Para favorecer el engrosamiento del flóculo será necesaria una agitación homogénea y lenta del conjunto, con el fin de aumentar las posibilidades de que las partículas descargadas eléctricamente se encuentren con una partícula flóculo.

3.5.3.1. Cinética de la Floculación

Cuando se agregan coagulantes a una suspensión coloidal, se inician una serie de reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen así oportunidad de unirse por sucesivas colisiones hasta formar flóculos que crecen con el tiempo. Los contactos pueden realizarse por dos modos distintos:

- a) **Floculación Pericinética.-** Contactos por bombardeo de las partículas producidos por el movimiento de las moléculas del líquido (movimiento browniano) que sólo influye en partículas de tamaños menores a un micrón. Sólo actúa al comienzo del proceso, en los primeros 6 a 10 seg y es independiente del tamaño de la partícula.
- b) **Floculación Ortocinética.-** Contactos por turbulencia del líquido, esta turbulencia causa el movimiento de las partículas a diferentes velocidades y direcciones, lo cual aumenta notablemente la probabilidad de colisión. Efectivo sólo con partículas mayores a un micrón. Actúa durante el resto del proceso, de 20 a 30 min.

3.5.3.2. Factores que influyen en la Floculación

- a) **Concentración y naturaleza de las partículas:** La velocidad de formación del floc es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas.
- b) **Tiempo de detención:** La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayos de jarras, esto se puede lograr dividiendo la unidad de floculación en cámaras. Se puede decir que una eficiencia dada, se obtiene en tiempos cada vez menores a medida que se aumenta el número de cámaras de floculación en serie. Por razones de orden práctico el número de cámaras no puede ser muy grande, estableciéndose un mínimo de tres (3) unidades.
- c) **Gradiente de velocidad:** Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floc. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados.

3.5.4. Sedimentación

Se entiende por sedimentación a la remoción, por efecto gravitacional de las partículas en suspensión en un fluido y que tengan peso específico mayor que el fluido. La sedimentación como tal, es en esencia un fenómeno netamente físico. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada.

Las partículas en suspensión sedimentan en diferentes formas, dependiendo de las características de las partículas, así como de su concentración. Es así que podemos referirnos a:

3.5.4.1. Partículas discretas: Son aquellas partículas que no cambian de características, forma, tamaño y densidad durante la caída.

3.5.4.2. Partículas floculentas: Son aquellas producidas por la aglomeración de las partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. Este tipo de partículas cambian de forma, tamaño y densidad durante la caída. Este tipo de sedimentación se presenta en la clarificación de aguas, como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida.

3.5.5. Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

3.5.5.1. Factores que influyen en la Filtración

- a) **Tipos de partículas suspendidas.-** El tipo de partículas primarias presentes en el agua cruda influye en la eficiencia de la filtración. Por ejemplo, la existencia de algas en el afluente influye en la formación de curvas de pérdida de carga de manera más acentuada que aquellos casos en que el afluente solo posee partículas suspendidas coaguladas de arcilla o sílice.
- b) **Tamaño de las partículas suspendidas.-** Existe un tamaño crítico de partículas suspendidas, del orden de 1 μm , el cual genera menos oportunidad de contacto entre la partícula suspendida y el grano del medio filtrante. Este hecho se puede observar desde el principio, cuando el medio filtrante está limpio, hasta el final de la carrera de filtración. Algunos productos químicos, como los coagulantes tradicionales y los polímeros, pueden usarse para ajustar el tamaño de las partículas

suspendidas de modo de obtener una eficiencia mayor. Las partículas menores que el tamaño crítico serán removidas eficientemente, debido, principalmente, a la difusión; mientras que las mayores también serán removidas eficientemente debido a la acción de otros mecanismos, como la intercepción y la sedimentación.

- c) **Densidad de las partículas suspendidas.-** Cuanto mayor sea la densidad de las partículas suspendidas, mayor será la eficiencia de remoción de las partículas de tamaño superior al tamaño crítico, mencionado anteriormente.
- d) **Resistencia o dureza de los flóculos.-** La dureza de los flóculos es otro factor importante en la filtración rápida, pues los flóculos débiles tienden a fragmentarse y penetrar fácilmente en el interior del medio filtrante, lo que favorece el traspaso final de la turbiedad límite, mientras que los flóculos duros o resistentes no se fragmentan fácilmente, pero producen una pérdida de carga mayor.
- e) **Temperatura del agua por filtrar.-** En general, el aumento de temperatura conduce a una eficiencia mayor, pues se tiene un aumento de energía termodinámica en las partículas del agua y, consecuentemente, la difusión se vuelve un mecanismo importante cuando se tienen partículas suspendidas menores de un micrómetro. Por otro lado, la disminución de la viscosidad facilita la acción del mecanismo de sedimentación de partículas mayores de un micrómetro.
- f) **Concentración de partículas suspendidas en el afluente.-** Cuando el medio filtrante se encuentra limpio, la eficiencia de remoción depende de la concentración de partículas suspendidas en el afluente. Después de algún tiempo de filtración, la eficiencia de remoción aumenta con el aumento de la concentración de las partículas suspendidas en el afluente, pues las partículas retenidas hacen de colectoras de otras partículas suspendidas.

g) **pH del afluente.**- El pH influye en la capacidad de intercambio iónico entre las partículas suspendidas y los granos del medio filtrante. Para valores de pH inferiores a 7.0, disminuye el intercambio de cationes y aumenta el intercambio de aniones sobre las superficies positivas; mientras que, para valores de pH superiores a 7.0, se produce un aumento en el intercambio de cationes y una disminución en el intercambio de aniones sobre las superficies negativas.

3.5.5.2. Características de un medio filtrante

a) **Tipo de medio filtrante.**- El medio filtrante debe seleccionarse de acuerdo con la calidad del agua filtrada. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta la duración de la carrera de filtración (capacidad de retención) y la facilidad de lavado. Un medio filtrante ideal es aquel de granulometría determinada y cierto peso específico, que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado de manera eficiente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, para producir un efluente de buena calidad.

b) **Características granulométricas del material filtrante:** Los materiales filtrantes deben ser claramente especificados, de manera que no quede duda alguna sobre su granulometría. Los parámetros que se deben emplear para este fin son los siguientes:

- **Tamaño efectivo:** en relación con el porcentaje (en peso acumulado) que pasa por las mallas de una serie granulométrica, el tamaño efectivo se refiere al tamaño de granos correspondiente al porcentaje de 10%.
- **Coefficiente de uniformidad (CU):** en relación con el porcentaje (en peso acumulado) que pasa por las mallas de una serie granulométrica, el coeficiente de uniformidad es igual a la relación entre el tamaño de los granos correspondientes a 60% y el tamaño de los granos correspondiente a 10%. Sería mejor que este coeficiente

se llamase *de desuniformidad*, pues su valor se incrementa a medida que el material granular es menos uniforme.

- Forma: la forma de los granos normalmente se evalúa en función del coeficiente de esfericidad (C_e). El coeficiente de esfericidad de una partícula se define como el resultado de la división del área superficial de la esfera de igual volumen a la del grano por el área superficial de la partícula considerada.
- Tamaño mínimo: tamaño por debajo del cual no deben encontrarse granos en el medio filtrante.
- Tamaño máximo: tamaño por encima del cual no deben encontrarse granos en el medio filtrante.

c) **Peso específico del material filtrante:** El peso específico (P_e) del material es igual al peso de los granos dividido por el volumen efectivo que ocupan los granos. El cuadro 9-4 muestra valores normales para el coeficiente de esfericidad y peso específico de los materiales filtrantes más usuales.

Cuadro 2. Valores normales* de materiales filtrantes

Material	Coefficiente de esfericidad	Peso específico (g/cm ³)
Arena	0,75 - 0,80	2,65 - 2,67
Antracita	0,70 - 0,75	1,50 - 1,70
Granate	0,75 - 0,85	4,00 - 4,20

d) **Espesor de la capa filtrante:** En una planta de tratamiento de agua con filtros de dos o más capas, es relativamente difícil fijar un espesor de medio filtrante para el cual los filtros funcionen constantemente en condiciones ideales. La experiencia ha demostrado que existe una relación entre el espesor de la capa de arena y la de antracita en un filtro de dos medios; en general, el espesor de la capa de antracita representa de 60 a 80%; y la arena, de 20 a 40% del espesor total del medio filtrante. De este modo, un medio filtrante de 70 cm de espesor tendrá aproximadamente 50 cm de antracita y 20 cm de arena. Asimismo, para el caso de filtros de lecho simple, la experiencia y diversas

investigaciones han permitido establecer espesores recomendados para diferentes casos: filtración de agua decantada, filtración directa o filtración descendente o ascendente.

3.5.6. Desinfección

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua que tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor.

Por otro lado, las aguas suministradas por una planta de tratamiento de agua para consumo humano pueden sufrir recontaminación en los tanques de almacenamiento o en las redes de distribución antes de ser distribuidas a la población, la desinfección debe protegerlas también de estas situaciones de riesgos posteriores al tratamiento.

La desinfección alcanza una eficiencia máxima cuando el agua tiene una turbiedad cercana a la unidad. Por ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes.

3.5.6.1. Factores que influyen en la desinfección

- a) *Los microorganismos presentes y su comportamiento.*- El tipo de microorganismos presentes en el agua tiene influencia definitiva en el proceso de desinfección. La reacción de los microorganismos frente a un desinfectante parece estar determinada por la resistencia de sus membranas celulares a la penetración del mismo y por la relativa afinidad química con las sustancias vitales del microorganismo.
- b) *La naturaleza y concentración del agente desinfectante.*- Desinfectantes como el cloro y derivados pueden formar en el agua una serie de especies químicas cloradas, de diferente eficiencia desinfectante. Por otro lado, la concentración del desinfectante determinará el tiempo de contacto necesario para destruir todos los microorganismos presentes en el agua.

- c) **La temperatura del agua.-** La temperatura favorece el proceso de desinfección. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la solubilidad de los agentes desinfectantes en estado gaseoso es inversamente proporcional a la temperatura.
- d) **La naturaleza y calidad del agua.-** La materia en suspensión puede proteger a los microorganismos existentes en el agua e interferir en la desinfección. La materia orgánica puede reaccionar con los desinfectantes químicos y cambiar su estructura.
- e) **El pH.-** Por otra parte, la acción de los desinfectantes es fuertemente influenciada por el pH del agua. De acuerdo con su naturaleza, cada desinfectante tiene un rango de pH de mayor efectividad. Sin embargo, la práctica demuestra que cuanto más alcalina es el agua requiere mayor dosis de desinfectante para una misma temperatura y tiempo de contacto.
- f) **El tiempo de contacto.-** Cuanto mayor es el tiempo de contacto, mayor será la posibilidad de destrucción de los microorganismos para una cierta dosis de cloro aplicado, que requiere un tiempo de contacto de 20 minutos para una temperatura de 20°C.

3.5.6.2. Características de un buen desinfectante químico

- a) Ser capaces de destruir, en un tiempo razonable, los organismos patógenos, independientemente de la cantidad en la que estén presentes y de las condiciones propias del agua.
- b) En las dosis usuales, no ser tóxicos para el hombre ni para los animales domésticos, ni presentar olor ni sabor en el agua.
- c) Tener un costo razonable; ser de manejo y dosificación seguros y fáciles.
- d) La determinación de la concentración en el agua debe ser fácil, rápida y económica (de preferencia, automática).
- e) Debe dejar residuales persistentes en el agua, de manera que estos actúen como una barrera sanitaria para posibles contaminaciones futuras.

3.5.6.3. Características del cloro gaseoso como desinfectante

- a) Destruye los organismos patógenos del agua en condiciones ambientales y en un tiempo corto.
- b) Es de fácil aplicación, manejo sencillo y bajo costo.
- c) La determinación de su concentración en el agua es sencilla y de bajo costo.
- d) En las dosis utilizadas en la desinfección de las aguas, no constituye riesgo para el hombre ni para los animales.
- e) Deja un efecto residual que protege el agua de una posterior contaminación en la red de distribución.

3.6. Coagulantes.

El coagulante es un compuesto químico que causa inestabilidad de la materia suspendida en forma coloidal, a través de la alteración de la capa iónica cargada eléctricamente que rodea a las partículas coloidales.

Un coagulante funciona a partir de un mecanismo de hidrolización y creación de estructuras físico-químicas. Los compuestos que se van desarrollando por el proceso se cubren de cargas eléctricas que atraen las cargas de otras partículas más pequeñas que se van acumulando y forman las partículas mayores.

Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son el sulfato de aluminio (también llamado "alúmina"), policloruro de aluminio, el cloruro férrico, sulfato ferroso entre otros. La alúmina es el coagulante de uso más extendido.

3.6.1. Clases de Coagulantes

Los coagulantes se pueden clasificar en dos grupos: sales de aluminio, sales de hierro y polímeros o polielectrolitos.

3.6.1.1. Sales de Aluminio.- Forman un floc ligeramente pesado. Las más conocidas son: El Sulfato de Aluminio, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$, que en la práctica se le denomina como Alumbre; Policloruro de Aluminio; el Sulfato de Aluminio

Amoniacal y el Aluminato Sódico. El primero es el que se usa con mayor frecuencia dado su bajo costo y manejo relativamente sencillo.

3.6.1.2. Sales de Hierro.- Se utiliza el Cloruro Férrico, FeCl_3 , y los Sulfatos de Hierro Férrico y Ferroso, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ y FeSO_4 . Forman un flocs más pesado y de mayor velocidad de asentamiento que las sales de aluminio.

3.6.1.3. Polímeros o polielectrolitos.- Son compuestos complejos de alto peso molecular que se utilizan no propiamente como coagulantes sino como ayudantes de coagulación. La dosificación de estas sustancias se lleva a cabo en concentración es muy bajas, lo cual es una gran ventaja y compensa el costo del polímero. Están siendo ampliamente empleados en el tratamiento de aguas potables ya que se produce una menor cantidad de lodos, adicionalmente el lodo producido es más fácilmente tratable.

El coagulante que se utilizó en el ensayo de laboratorio (test de jarras) y en la Planta Piloto de Bellavista en el Hidróxicloruro de aluminio también llamado como Policloruro de Aluminio o polifloc.

a) **Policloruro de Aluminio**

El policloruro de aluminio (PAC), es un coagulante que ha tenido cierto uso en tiempos recientes. Es un producto que se comercializa en forma líquida. Su nombre "policloruro" hace referencia a su verdadera composición química, ya que en realidad no se trata de un compuesto de fórmula definida sino más bien de una mezcla de polímeros o agregados de polímeros de hidróxido de cloruro de aluminio con fórmula $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{(3n-m)}$ con $0 < m < 3n$. El PAC contiene concentraciones variables de cloruro de aluminio y esta concentración es expresada por convención como "porcentaje en peso de Aluminio". El rango de esa concentración va de 2,5% a 13 %.

El PAC puede prepararse a partir de varias sustancias que contengan aluminio, incluido el aluminio metálico, la alúmina trihidratada, el cloruro

de aluminio, el sulfato de aluminio y combinaciones de estos. Dependiendo del proceso de manufactura, el producto final puede contener varias sales de sodio, calcio y magnesio, tanto de cloruros como de sulfatos. Desde el punto de vista de su uso como coagulante, puede decirse que presenta buenas características, ya que tiene una alta carga eléctrica previa a su agregado al agua que se va a tratar (lo típico del sulfato de aluminio). Asimismo, tiene una moderada masa molecular, lo que también es una propiedad deseable.

Cuando se le compara con el sulfato de aluminio, que es el coagulante por excelencia y del que se tiene un gran conocimiento, surgen las siguientes diferencias. Estudios comparativos para la remoción de materia orgánica entre el PAC y la alúmina muestran que el PAC es más efectivo a un rango mayor tanto de pH como de temperaturas.

En relación con este último parámetro, Exally colaboradores (en el artículo "Using coagulants to remove organic matter", Journal of the AWWA, noviembre del 2000) demuestran que la variación de temperatura afecta mucho más a la alúmina que al PAC, lo que se verifica en las concentraciones necesarias para realizar una coagulación igual con ambos compuestos.

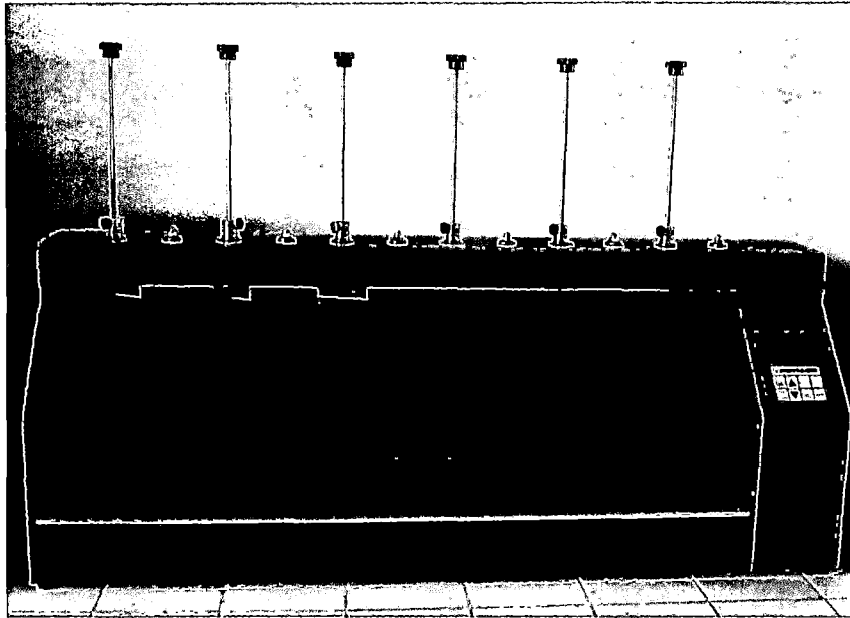
3.7. Prueba de Jarras

La prueba de jarras es una técnica usada para determinar la dosis óptima del coagulante y otros parámetros para la potabilización del agua. En ella se tratan de simular los procesos de mezcla rápida, coagulación-floculación y sedimentación a nivel de laboratorio.

Este Test de Jarras, consiste en un montaje de seis vasos de precipitado con sus respectivos sistemas de agitación de velocidad regulable y seis agitadores para homogenizar lo más posible el contenido de los seis vasos de precipitados en los que se varían las condiciones de operación analizándose luego los resultados en cada caso, para concluir cuales son los parámetros óptimos de depuración.

En el mercado existe una gran variedad de equipos para pruebas de jarras, pero en toda su versatilidad debe utilizarse una serie de jarras (seis) al mismo tiempo y la posibilidad de variar la velocidad de agitación (r.p.m.).

Figura 1. Equipo Prueba de Jarras.



Fuente: El autor, Laboratorio de la E.P.S. Chavín S.A.

3.7.1. Factores que influyen en la prueba de jarras

- a) **pH.-** Desempeña un papel muy importante en el estudio de los fenómenos de coagulación-floculación, es así como una parte de la carga de las partículas coloidales que han absorbido iones OH^- , queda destruida por un aumento de la concentración de iones H_3O^+ que ocasiona una disminución de la estabilidad de la suspensión coloidal. Preferiblemente el pH debe quedar dentro de la zona correspondiente al mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante usado. Para sales de hierro la zona de pH es mucho más amplia, alcanzándose el mínimo de solubilidad a $\text{pH} > 5$.

- b) **Temperatura.-** La temperatura del agua también influye grandemente en la efectividad de la coagulación y en la velocidad de formación del floculo. Según disminuye la temperatura del agua debe aumentarse la dosis de productos químicos usados para coagular, con el objetivo de lograr o asegurar la formación de floculos adecuados.

- c) **Concentración del coagulante.-** La concentración del coagulante es un factor muy importante, porque de ella depende la calidad del agua en una planta de tratamiento, la concentración es de acuerdo a la turbiedad del agua a tratar, cuanto mayor es la turbiedad mayor será la concentración de los coagulantes a usar.
- d) **Secuencia de aplicación de las sustancias químicas.-** La secuencia de aplicación de los insumos químicos es depende de la calidad de agua cruda a tratar, generalmente en aguas de pH neutro el único que se aplica es el coagulante; mientras que en aguas de ácidas, primero se debe ajustar el pH, segundo aplicar un oxidante y por último el coagulante.
- e) **Grado de agitación (r.p.m.).-** En la mezcla rápida, el grado de agitación debe ser rápido e instantáneo para dispersar uniformemente el coagulante a través de toda la masa del agua a tratar, mientras que en la mezcla lenta la agitación debe ser suave y de larga duración para aglomerar las partículas coaguladas en partículas floculentas y formar los flocs.
- f) **Tiempo de sedimentación.-** El tiempo de sedimentación debe ser de aproximadamente de 20 minutos a una temperatura de 20° C., para que los flocs formados de toda la masa del agua precipiten en el fondo del vaso y que en la parte superior se obtenga agua clarificada sin flocs; cuanto mayor sea el tiempo de sedimentación mejor será el agua decantada.

3.7.2. Condiciones para la prueba de jarras

Debido a que la prueba de jarras es sólo una simulación del proceso, es necesario mantener las condiciones operacionales que existen en el proceso industrial como son: gradiente hidráulico y tiempo en la mezcla rápida y lenta, punto de aplicación de los reactivos, el orden y el tiempo de dosificación de los mismos.

- a) **Mezcla rápida.-** El objetivo de la mezcla rápida es crear la turbulencia o movimiento necesario en el líquido contenido en la jarra para poner en

contacto los reactivos químicos con las partículas coloidales del agua, modo de neutralizar sus cargas, desestabilizarlas y hacer que se aglomeren en un corto período de tiempo. El tiempo de aplicación de la mezcla rápida depende de la clase del coagulante. Por ejemplo, los polímeros se distribuyen más lentamente que los iones metálicos debido a su mayor molécula, por lo tanto requerirán mayor tiempo o mayor gradiente de velocidad que los coagulantes metálicos hidrolizantes.

- b) **Mezcla lenta.**- Generalmente, el tiempo de mezcla no excede de 20 min. Un tiempo excesivo puede crear calentamiento de la muestra originando una floculación más eficiente, pero a su vez una pobre sedimentación, ya que ocurre la liberación de los gases disueltos en el agua, formando burbujas que se adhieren a los flóculos y los hacen flotar.
- c) **Sedimentación o reposo.**- Durante este tiempo los coloides sedimentan por gravedad y se obtiene el agua clarificada.

3.7.3. Precauciones para llevar una prueba de jarras

Las soluciones químicas deben ser recién preparadas. Mientras algunas soluciones químicas se benefician con el tiempo, la mayoría se deterioran. Los resultados obtenidos con muestras añejas no son representativos.

- a) Las muestras para las pruebas deben ser lo más representativa del sistema y en cantidad suficiente para una serie de pruebas completas. En las muestras viejas la turbidez del agua usualmente coagula más fácilmente que en las muestras frescas, debido a la inestabilidad de la suspensión coloidal; por lo que no se recomienda correr pruebas de jarras con más de dos horas de captadas.
- b) La adición de químicos debe realizarse en el mismo orden en que son añadidos en planta. A las jarras se añaden normalmente ajustadores de pH, oxidantes, coagulantes y/o floculantes. Algunas plantas usan el cloro para la desinfección, oxidando la materia orgánica y eliminando parte del color.

- c) Se debe tener cuidado de no demorar la adición de los químicos si se necesita una adición simultánea de los mismos, ya que se estarían alternando las condiciones de la prueba.

3.7.4. Diferencia entre los reactores y la prueba de jarras

- a) En los reactores existe un flujo continuo; en cambio, en las jarras no hay flujo. Esto hace que en los primeros la masa de agua sufra un tratamiento desigual, debido a que parte de ella queda retenida durante largo tiempo, mientras que otra parte pasa casi de inmediato. En cambio, en la prueba de jarras, el agua queda retenida durante todo el tiempo que dura el ensayo.
- b) La escala de las jarras no guarda relación con la escala del flóculo, por cuanto este se produce a escala natural y, en cambio, las jarras son cientos de veces más pequeñas que los floculadores. Por tanto, la proporción entre la escala de la turbulencia que se produce en uno y otro caso y el tamaño del flóculo es diferente, lo que afecta la velocidad de aglutinamiento de las partículas.
- c) La dosificación de los coagulantes y la agitación de la masa de agua pueden ser mucho mejor controladas en la prueba de jarras que en un reactor de una planta de tratamiento.

No obstante, la prueba de jarras sigue siendo el método más usual de los que hasta ahora disponemos para controlar los factores químicos involucrados en los procesos de coagulación y floculación.

3.7.5. Criterios para la selección de los procesos de la prueba de jarras

Para determinar los procesos de simulación en el laboratorio es necesario conocer las dimensiones de las jarras y las rpm para relacionar el gradiente de velocidad aproximado.

Figura 2. Jarras de precipitado de 1 litro

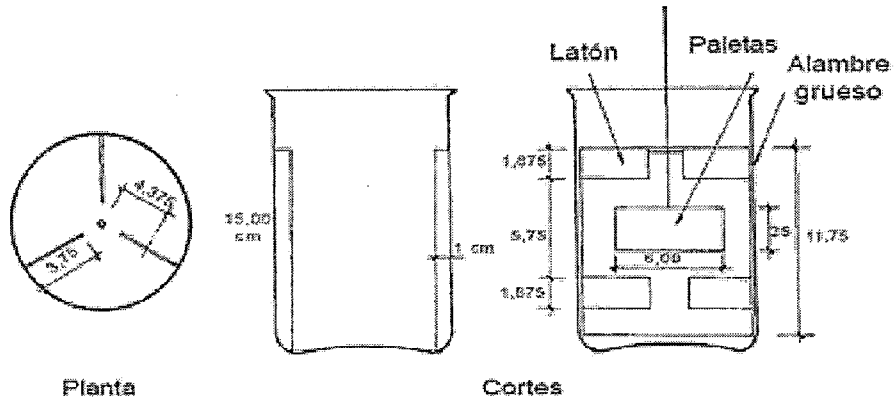


Figura 3. Jarras de precipitado de 2 litros

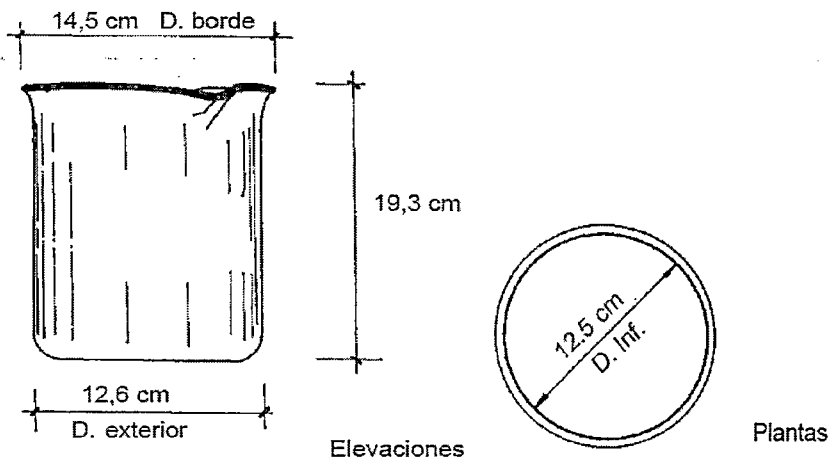


Figura 4. Sifón para la toma de muestras

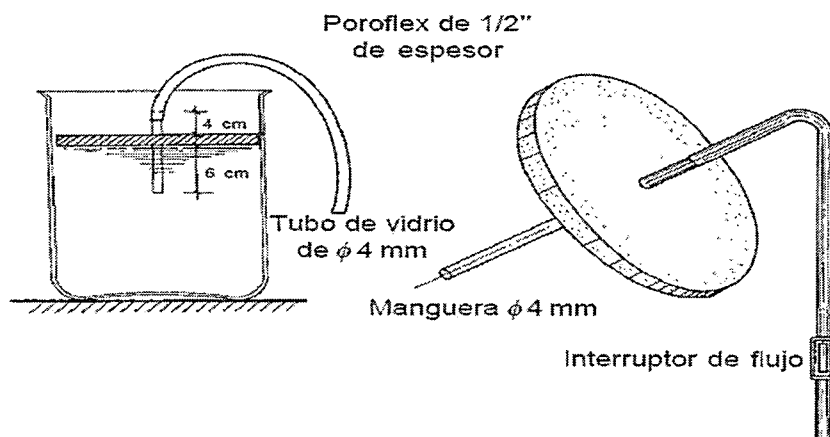
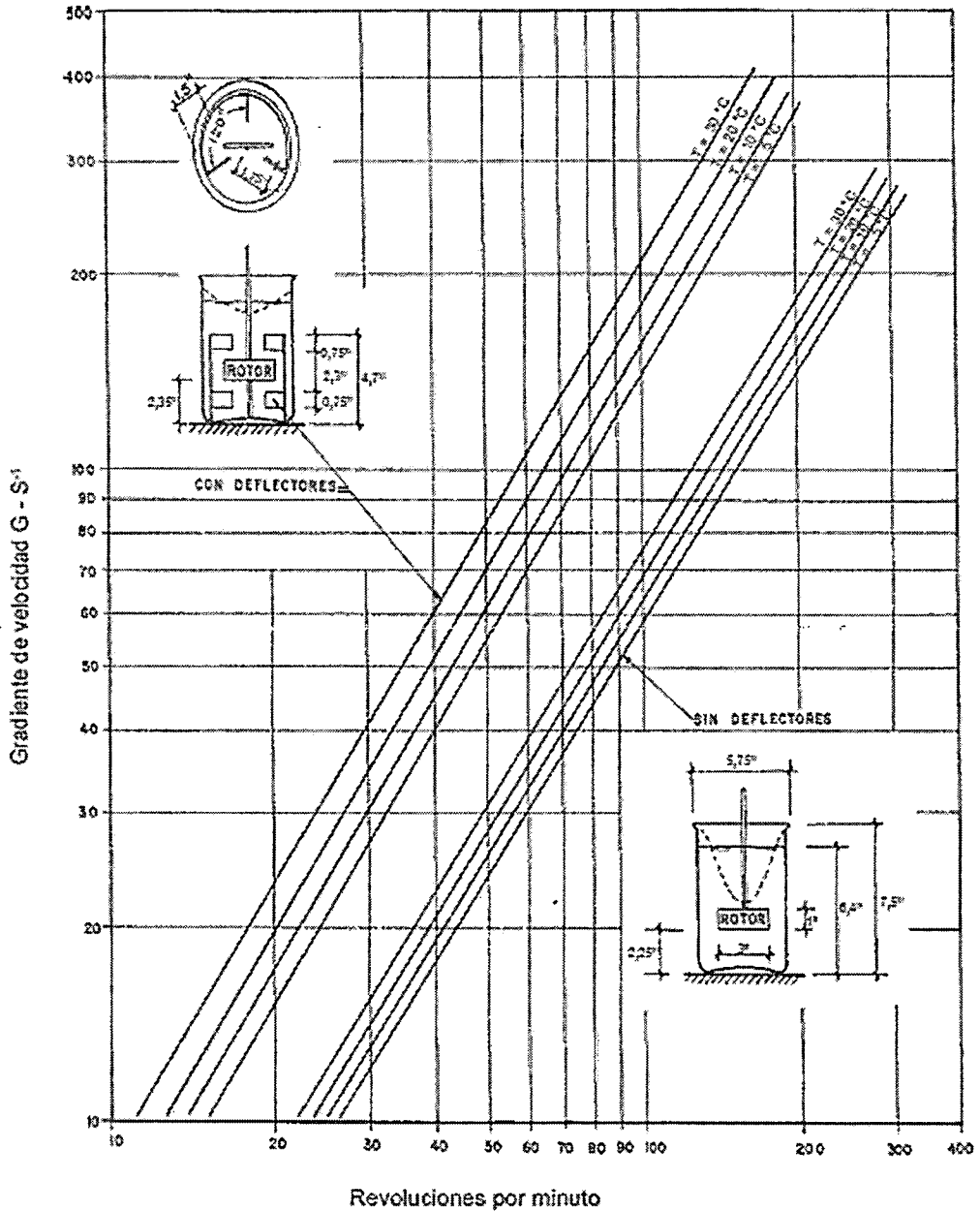


Figura 5. Ábaco que relaciona el gradiente de velocidad con las revoluciones por minuto de un equipo de prueba de jarras con recipientes de 2 litros. Jarra de sección circular



Específicamente para vasos de un litro estará dado por:

$$G' = 1.4 G$$

Donde:

G' = gradiente de velocidad de un vaso de 1 litro

G = gradiente de velocidad de un vaso de 2 litro

Si en el ábaco de la figura 04 entramos a las curvas que corresponden a una prueba con estatores, con una velocidad de 300 rpm y temperatura promedio de 20 °C, podemos comprobar que en estas condiciones se consigue un gradiente de velocidad de aproximadamente 770 s⁻¹. Asimismo, durante la etapa de floculación con 40 rpm se estará aplicando un gradiente de velocidad de 52 s⁻¹, que corresponde a un gradiente de floculación promedio. Esta prueba es con jarras de 2 litros.

En cambio, si realizamos una prueba de jarras con vasos de un litro, aplicaríamos la siguiente fórmula:

$$G' = 1.4 * G$$

Al aplicar una velocidad de 240 rpm y una temperatura promedio de 11°C., se llegaría a obtener un gradiente de velocidad aproximadamente de 700 s⁻¹, (mezcla rápida); y al aplicar una velocidad de 35 rpm y la misma temperatura promedio, se obtendría un gradiente de velocidad de aproximadamente de 52 s⁻¹, (mezcla lenta); lo que se ha trabajado en el test de jarras.

3.7.6. Criterios para la evaluación

Para evaluar los resultados de una prueba de jarras no se siguen criterios convencionales o patrones universales y casi se trata de un criterio particular del analista, fabricante del equipo, operario de la planta de acuerdo a su larga experiencia, pero bajo la convicción que le da la certeza de trabajar en las mismas condiciones experimentales y bajo los mismos criterios analíticos.

No obstante, en la práctica se observan ciertos lineamientos a seguir para evaluar una prueba de jarra, como son:

- a) Características de los flóculos: Tamaño, uniformidad, velocidad de aparición, voluminosos, de poco peso, si son densos, livianos y difusos, apenas puntos o microflóculos.
- b) Calidad del sobrenadante: La claridad o transparencia, es el criterio más importante en la evaluación de una prueba de jarras, ya que es lo que se

persigue en la clarificación del agua. Para ello se mide la turbiedad final del agua.

- c) Se debe observar si el sobrenadante es totalmente transparente, semiturbio, turbio, con apreciable cantidad de material suspendido (TSS), decantado, semidecantado, entre otros.

Cuadro 3. Índice de Willcomb, para evaluar cualitativamente el floc producido.

Número del índice	Descripción
0	Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta.)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil pero no completamente.
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina.

3.8. La Micro cuenca del río Auqui

La micro cuenca del río Auqui pertenece hidrográficamente a la subcuenca del río Quillcay, cuenca del río Santa y a la vertiente del Pacífico. Esta micro cuenca está conformada por la quebrada Quillcayhuanca, donde se encuentra el río Cuchilla y el río Tullpa, cuyas nacientes son la laguna Cuchillacocha y la laguna Tullpacocha respectivamente, ubicados al margen derecho de la quebrada; estos se unen con el río Cayesh ubicado al margen izquierdo de la quebrada Quillcayhuanca, dando origen al río Auqui y éste a la vez se une con el río Shallap naciente de la laguna Shallap; aguas más abajo se une con el río naciente de la laguna Shurup.

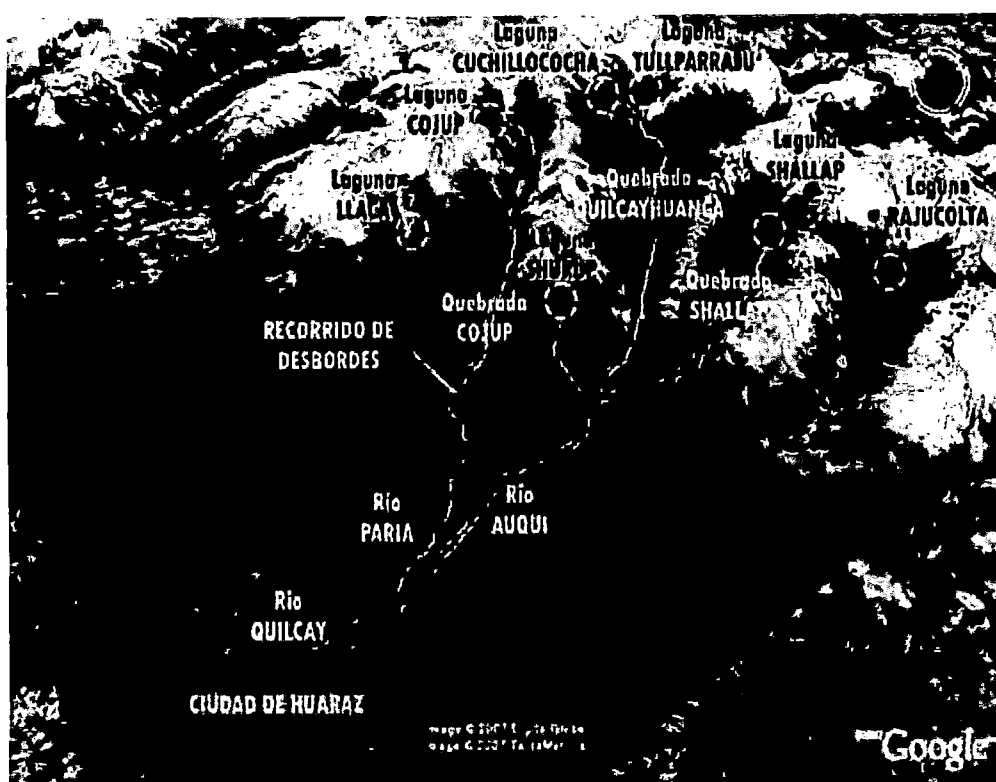
La Micro cuenca del río Auqui está localizada en el flanco Occidental de la Cordillera Blanca, departamento de Ancash, provincia de Huaraz, tiene un área de 84.244 Km², el punto de mayor altitud de la cuenca se ubica a 6255 msnm, en tanto el punto de menor altitud en el nivel de base a 3085 msnm. La cuenca limita por el

norte con la micro cuenca de la quebrada Cojup y por el sur limita con la micro cuenca de la quebrada Rajucolta.

El río Auqui cuenta con un promedio anual de caudal de $9 \text{ m}^3/\text{seg}$. Agua ácida, pH promedio 5.38, Turbiedad promedio 15.5 NTU, presencia de Aluminio, Manganeso, Hierro disueltos. Los afluentes que contribuyen en su caudal del río Auqui son: Las quebradas Huapish, quebrada Parapo, Irwa II, quebrada CollcayIrwa, quebrada Llecwaruri, quebrada Watellocla, quebrada Ichiq Chollqui, quebrada Shallap y la quebrada Quillcayhuanca. El río Auqui que recorre de este a oeste, ubicado en la parte oriental de la provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, aproximadamente entre las coordenadas: Latitud Sur: $9^{\circ}30'42.14''$, Longitud Oeste: $77^{\circ}26'18.10''$ con una altitud de 3681 m.s.n.m., hasta las coordenadas: Latitud Sur: $9^{\circ}31'34.53''$, Longitud Oeste: $77^{\circ}31'9.99''$ y una altitud de 3095 m.s.n.m.

La micro cuenca del río Auqui es considerada de vital importancia para los núcleos urbanos de la ciudad de Huaraz, ya que de ésta depende el abastecimiento de agua potable para sus habitantes en el futuro no muy lejano.

Los mayores caudales que presenta el río Auqui, con una descarga promedio anual de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ y los picos de caudal se presentan en los meses de Enero, Febrero, Marzo con $14 \text{ m}^3/\text{s}$; $18 \text{ m}^3/\text{s}$ y $22 \text{ m}^3/\text{s}$; respectivamente, los menores caudales se presentan en Agosto, Septiembre, Octubre con valores de 10; 8 y $7 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente.



*Figura 6. Ubicación de la Micro-cuenca Hidrográfica del río Auqui.
Fuente foto satelital de Google, 2015.*

3.9. Sistema de tratamiento de Agua Potable de Bellavista

3.9.1. Captación de Coyllur

Ubicada al Este de la Ciudad de Huaraz, en el Caserío de Coyllur, a 3.210 msnm., tiene más de 40 años de existencia, opera sólo en casos de emergencia o estiaje; por otro lado cuenta con muros de encauzamiento de concreto armado de 30.00 m de largo y 0.40 m de espesor, con el lecho vaciado de concreto ciclópeo, las cuales se encuentra deteriorado parcialmente, por efectos de erosión.

Así mismo, presenta un canal lateral de captación de concreto armado. A la entrada del canal tiene rieles de protección, para evitar el paso de elementos como palos, arbustos, piedras grandes, etc. Cuenta también con un orificio rectangular de ingreso de agua a la caja de distribución, con una capacidad de captación de 200 lt/s y al final del canal tiene una compuerta rectangular de fierro, para realizar la limpieza del canal. Como parte de la infraestructura, cuenta con una caja de reunión de concreto armado, de donde parte una tubería

de 14" A-C hasta el desarenador, a una distancia de 80m, la cual se encuentra en regular estado de conservación.

3.9.2. Desarenador de Coyllur

El desarenador diseñado para una capacidad nominal de 200 l/s, de concreto armado, con instalaciones hidráulicas completas, pero el bypass no funciona convenientemente, lo mismo que el sistema de desagüe y limpia, por tanto se tiene dificultad para realizar el mantenimiento del mismo. El desarenador tiene un cerco perimétrico de protección, la que está en regular estado de conservación.

3.9.3. Línea de Conducción

Esta línea conduce las aguas captadas desde el desarenador de Coyllur, hasta la Planta de Tratamiento de Bellavista, con una antigüedad de más de 40 años, tubería de A-C de 4,900 mt de longitud, diámetro de 12", pero existiendo además pequeños tramos de 14". Con 17 válvulas de purga, dos de las cuales se encuentran enterradas, además cuenta con 16 válvulas de aire, de las cuales 05 han sido cambiadas el 2,001 y el resto no operan adecuadamente. Asimismo, tiene una Cámara Rompe Presión de concreto armado. Se pudo constatar que la infraestructura se encuentra en regular estado de conservación.

3.9.4. Planta de Tratamiento de Bellavista

Ubicada a 3,155 msnm., al sudeste de la ciudad de Huaraz, en la carretera al mirador de Rataquenua, integrada por dos plantas de tratamiento tipo DeGremont, con capacidades de 60 y de 110 l/s en la que se realiza un tratamiento completo, es decir físico, químico y bacteriológico.

La Planta de Tratamiento N° 01 de 60 l/s, tiene más de 40 años de construida, fue renovada totalmente en 1994 por DeGremont; su infraestructura se encuentra en buen estado.

La Planta de Tratamiento N° 02 de 110 l/s, fue construida en 1994, por la firma COJALSI y las instalaciones hidráulicas se encargaron los de DeGremont. En este punto se debe hacer la observación, de que la capacidad de tratamiento de estas dos plantas es de 170 l/s pero en la actualidad sólo se tratan 150 l/s, existiendo una capacidad ociosa de 20 l/s.

En el año 2013, se realizó el mejoramiento y mantenimiento de las dos plantas, con fondos del PMRI; realizándose al ingreso de las mismas la instalación de un nuevo dosificador automático de sulfato de aluminio con un sensor de turbiedad, en las plantas se ha puesto en operación y funcionamiento los pulsators, se ha realizado el mejoramiento de los filtros incluido las galletas y toberas, el cambio completo de motores, sistema eléctrico, medios filtrantes, mantenimiento general e instalación de un macro medidor a la salida de la cisterna de la planta.

La fuente que abastece actualmente a dicha planta es el río Paria cuyas características no tiene problemas para su tratamiento, pero en épocas de estiaje el caudal baja considerablemente en los meses de Junio a Octubre, donde la presión del agua baja en toda la ciudad de Huaraz.

La fuente del río Auqui es un recurso que debemos aprovechar para abastecer de agua potable a la ciudad de Huaraz, porque durante todo el año el caudal es cargado; cuyas características principales de turbiedad y caudal son:

a) **Alta Turbiedad.**- Se presenta durante los meses de lluvia (Diciembre a Marzo), por lo tanto hay una alta concentración de partículas en suspensión como consecuencia del arrastre de los sedimentos durante el trayecto del río hacia la bocatoma de la planta. En esta época la turbiedad del río Auqui varía de valores superiores de 30 a 3000 NTU, con un valor promedio de 200 NTU.

Durante estos meses el caudal del río es variable; para el presente año se encontró como caudal máximo 22 m³/s., y un caudal mínimo de 7 m³/s. La calidad físico-química del agua también varía en su composición: menor cantidad de metales disueltos (aluminio, manganeso y hierro); debido a las

precipitaciones pluviales, pero mayor cantidad de compuestos orgánicos, etc.

- b) **Baja Turbiedad.-** Se presenta en los meses de Abril a Noviembre, donde la cantidad de las partículas en suspensión es muy baja y los valores de turbiedad en el río varían entre 2 a 10 NTU, con valor promedio de 4 NTU. El caudal del río varía aproximadamente de 7 a 10 m³/s. La calidad fisico-química del agua varía en su composición: mayor cantidad de metales disueltos (aluminio, manganeso y hierro); menor cantidad de compuestos orgánicos, etc.

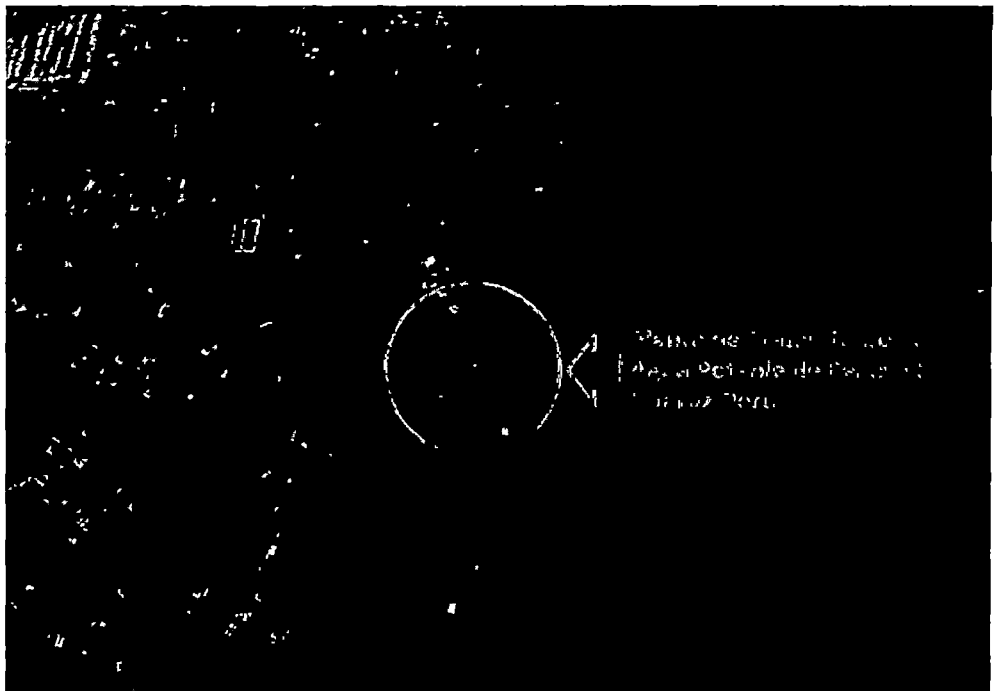


Figura 07. Ubicación de la Planta de Tratamiento de agua potable de Bellavista.

Fuente: foto satelital de Google, 2014.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA

4.1. Tipo y Nivel de Investigación

4.1.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio que se realizó es aplicativo, explicativa, y experimental, por tratarse de un problema de Investigación.

4.1.2. Definición de la población de estudio

La población de estudio son las muestras tomadas de agua cruda del río Auqui, que han sido analizados, experimentados, tratados y potabilizados en la planta piloto de Bellavista, para el consumo de los habitantes de la ciudad de Huaraz.

4.1.3. Muestras de análisis

- a) Se utilizaron muestras de agua cruda de origen superficial del río Auqui.
- b) Las muestras de agua cruda necesarias para los análisis de los parámetros físico-químicos y prueba de jarras serán representativas y tomadas del

ingreso de la planta, para ser analizadas en el laboratorio de la E.P.S. Chavín S.A., y realizar la prueba de jarras.

- c) Las muestras fueron recogidas en bidones de plásticos de un volumen de aproximadamente de 45 L., por el personal de turno de la planta.
- d) Se realizarán 52 pruebas de jarras, de 4 a 5 por mes, durante un período de 12 meses; donde se cubrirán todo un ciclo hidrológico completo (estiaje y creciente).
- e) Las muestras del resultado final del test de jarras, serán tomadas una cantidad necesaria de cada vaso, para los respectivos análisis físico-químicos.

4.1.4. Análisis de los parámetros de la calidad del agua

- a) Se caracterizarán las propiedades físico-químicas del agua cruda (pH, alcalinidad, turbiedad, aluminio, manganeso y hierro) con el fin de conocer las condiciones iniciales del agua a tratar.
- b) Se determinarán las propiedades físico-químicas del agua después del test de jarras (pH, alcalinidad, turbiedad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro) con el fin de conocer las condiciones finales.
- c) Una vez conocido los resultados finales de la prueba de jarras y se ajustarán los parámetros de acuerdo a los estándares del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud.

4.1.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- a) El análisis e interpretación de los resultados se realizará con Softwares estadísticos mediante tablas, gráficos y barras.
- b) Con los resultados experimentales obtenidos se procederán a construir cuadros que relacionarán los parámetros iniciales y finales de turbiedad, alcalinidad, pH, aluminio, manganeso y hierro; cuadros con las dosificaciones de los insumos utilizados; cuadros de las turbiedades decantadas y dosis óptimas, ordenadas por meses durante los ensayos realizados.

- c) Se construirán tablas y gráficas donde se relacionarán la dosis óptima de los insumos y la turbiedad del agua cruda.
- d) Se construirán tablas y gráficas en condiciones iniciales y finales del aluminio, manganeso y hierro.
- e) Se hallarán los porcentajes de remoción de la turbiedad, Aluminio, Manganeso y Hierro después del tratamiento con los insumos utilizados y se construirán sus respectivas tablas.
- f) Se construirán tablas y gráficas de los resultados obtenidos de pH, relacionando las condiciones iniciales y finales.
- g) Lo mismo se construirán tablas y gráficas con la planta piloto experimental de Bellavista.

4.1.6. Validez y confiabilidad de los instrumentos

- a) Para la validez y confiabilidad de los instrumentos La E.P.S. Chavín S.A., realiza sus ajustes cada 6 meses con un personal capacitado y calificado de la misma Empresa.
- a) También La E.P.S. Chavín S.A., contrata los servicios de personales externos para el buen manejo y funcionamiento de los equipos e instrumentos de laboratorio.

4.2. Descripción de los Ensayos de Laboratorio

4.2.1. Materiales y Equipos para el Test de Jarras

4.2.1.1. Equipos

- Agitador Múltiple o Prueba de Jarras, equipo provisto de 6 agitadores planos; tiene como elementos adicionales seis jarras o vasos de 1 litros de capacidad de forma circular con una tubería de 4 mm de diámetro, para la extracción de muestra.
- Turbidímetro.
- pH-metro.
- Conductivímetro.

- Multiparámetro.
- Materiales necesarios para medir la alcalinidad.
- Agitador magnético.
- Balanza.

4.2.1.2. Materiales

- Erlenmeyer
- Pipetas
- Papel de filtro
- Vasos de precipitados
- Buretas 50 ml
- Balones aforados de 100 ml
- Jeringas de plásticos de 1-20 ml, para aplicar las sustancias químicas
- Jeringas de plásticos de 60 ml para captar las muestras de los vasos precipitados

4.2.1.3. Reactivos

- Solución Buffer
- Solución EDTA
- Colorante negro cromo T (indicador)
- Agua destilada
- Anaranjado de metilo
- Ácido sulfúrico 0.002 N

4.2.1.4. Soluciones

- Cal hidratada al 1 %
- Hipoclorito de calcio al 0.5 %
- Policloruro de aluminio al 1 %

4.2.2. Preparación de los insumos para la dosificación en el Test de Jarras.- El método que se describe a continuación es el que se utilizó en la Prueba de Jarras que semanalmente se realizó para la evaluación de las aguas del río Auqui en el laboratorio de la E.P.S. CHAVÍN S.A. de Huaraz.

a. Solución de Hidróxido de Calcio al 1%, $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Se obtiene a partir de la muestra de Hidróxido de Calcio (cal apagada) que se encuentra en los almacenes de la planta; se pesa 1 gr de muestra de Hidróxido de Calcio, en una balanza analítica debidamente calibrada. Se coloca en una fiola de 100 ml, y se procede a enrasar con agua destilada agitando vigorosamente hasta disolver. Esta solución es desechada después de terminar el experimento y se prepara de nuevo para cada prueba de jarras.

Densidad del hidróxido de calcio es 2.21 gr/cm^3 .

b. Solución de Hipoclorito de Calcio al 1%

Se obtiene a partir de la muestra de Hipoclorito de Calcio al 65% que se encuentra en los almacenes de la planta; se pesa 1 gr de muestra de Hipoclorito de Calcio, en una balanza analítica debidamente calibrada. Se coloca en una fiola de 100 ml, y se procede a enrasar con agua destilada agitando vigorosamente hasta disolver. Esta solución es desechada después de terminar el experimento y se prepara de nuevo para cada prueba de jarras.

Densidad del hipoclorito de calcio es 2.35 gr/cm^3 .

c. Solución de Hidroxicloruro de aluminio al 1%

Se obtiene a partir de la muestra de Hidroxicloruro de aluminio que se encuentra en los tanques de almacenamiento de la planta; se toma 1 gr de la muestra de Hidroxicloruro de aluminio en una balanza analítica debidamente calibrada. Se coloca en una fiola de 100 ml., y se procede a enrasar con agua destilada, agitando suavemente hasta mezclarse. Esta solución es desechada después de terminar el experimento y se prepara de nuevo para cada prueba de jarras.

Densidad del hidroxicloruro de aluminio es 1.34 gr/cm^3 .

4.2.3. Determinación de la velocidad de sedimentación de las partículas discretas

Para la determinación del tiempo de sedimentación de las partículas suspendidas (arena fina), se llenan muestras de agua cruda en un vaso de precipitado de 1 litros, se agita y se deja sedimentar; de este instante se inicia el conteo del tiempo para determinar la velocidad de sedimentación.

Datos:

$$H_V = 11.75 \text{ cm.}$$

$$T_S = 3 \text{ min.}$$

Donde:

$$H_V = \text{Altura del vaso precipitado.}$$

$$T_S = \text{Tiempo de sedimentación.}$$

$$V_S = \text{Velocidad de sedimentación.}$$

La fórmula es la siguiente:

$$V_S = \frac{H_V}{T_S}$$

$$V_S = \frac{11 \text{ cm}}{3 \text{ min} * 60}$$

$$V_S = 0.065 \text{ cm/seg}$$

4.2.4. Determinación del tiempo de disolución del hidróxido de calcio (cal)

Para la determinación del tiempo de disolución de la cal se realizaron varios ensayos en el test de jarras, eligiendo rangos amplios en la dosificación de la solución de hidróxido de calcio al 1%, para elevar el pH entre 8.5 a 9.5, hasta llegar al estado de disolución. El procedimiento consistió en lo siguiente:

- Se tomaron muestras de agua cruda y se determinan los parámetros básicos de turbiedad, pH y alcalinidad.
- Se llenaron muestras de agua cruda a las 6 jarras y una jarra adicional.

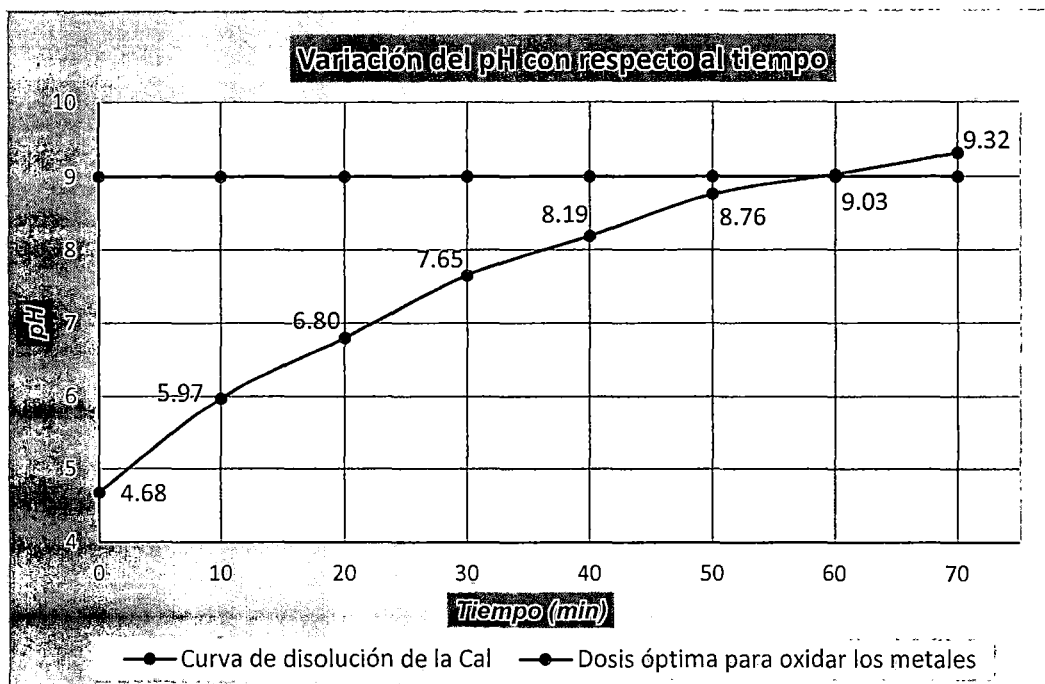
- Se puso a funcionar el equipo con la máxima velocidad de rotación de las paletas de 240 rpm.
- Se aplicaron la dosis de modificador de pH, de acuerdo con lo determinado en el ensayo correspondiente a las siete jarras.
- Al finalizar la mezcla rápida, se inicia con la mezcla lenta (proceso de disolución de la cal), para lo cual se ajustó la memoria del equipo para un gradiente de velocidad de rotación de 35 rpm., que corresponde a un gradiente de velocidad de 52 s^{-1} .
- En el tiempo 0 minutos se procedió a filtrar en un papel de filtro colocado en un embudo sobre un matraz, la jarra adicional; terminada la filtración se midió el pH de la muestra.
- Luego de 10 minutos se retiró la primera jarra e inmediatamente se procedió a filtrar en un papel de filtro colocado en un embudo sobre un matraz, terminada la filtración se midió el pH de la muestra, si el pH se mantiene no inicia con la disolución y si el pH sube se inicia con la disolución.
- Después de 20 minutos, se retiró la segunda; luego de 30, la tercera; y así sucesivamente, hasta que a los 70 minutos se retiró la última. Con cada jarra se procedió de modo similar, hasta obtener el pH equivalente a 9 y así llegar al estado de disolución de la cal.
- Se anotaron en un cuadro el tiempo y la variación del pH.
- Finalmente se graficaron el tiempo desde 0 a 70 minutos con respecto a la variación del pH.

Tabla 3. Resultados del tiempo de disolución de la cal.

pH Inicial: 4.68

N° de vaso	Tiempo (min)	pH Final	pH óptimo para oxidar los metales
0	0	4.68	9
1	10	5.97	9
2	20	6.80	9
3	30	7.65	9
4	40	8.19	9
5	50	8.76	9
6	60	9.03	9
7	70	9.32	9

Gráfico 1. Curva de disolución de la cal.



4.2.5. Determinación del tiempo de oxidación del Aluminio, Manganeseo y Hierro

Para la determinación del tiempo de oxidación del aluminio, manganeseo y hierro se realizaron varios ensayos en el test de jarras, eligiendo rangos amplios en la dosificación de la solución de hipoclorito de calcio al 0.5%; el cual se llenan un litro de agua cruda a cada uno de los vasos precipitados del equipo de jarras y posteriormente se enciende el equipo.

La programación del equipo para su funcionamiento es calibrada de la siguiente manera, a 240 rpm durante 7 seg., (mezcla rápida 1) para añadir la solución de hidróxido de calcio, luego se disminuía la velocidad de agitación a 35 rpm durante 70 min., (mezcla lenta 1).

Nuevamente sube la velocidad a 240 rpm durante 7seg., (mezcla rápida 2) para añadir la solución de hipoclorito de calcio, después se disminuye a 35 rpm durante 90 min., (mezcla lenta 2).

Para añadir el coagulante (policloruro de aluminio), nuevamente sube la velocidad a 240 rpm durante 7seg., (mezcla rápida 3), después se disminuye a 35 rpm durante 60 min., (mezcla lenta 3).

Transcurridos los 60 minutos de agitación en el equipo, se deja sedimentar las partículas floculadas durante de 60 min, en los cuales se podía observar la apariencia y consistencia del flocs y su velocidad de decantación.

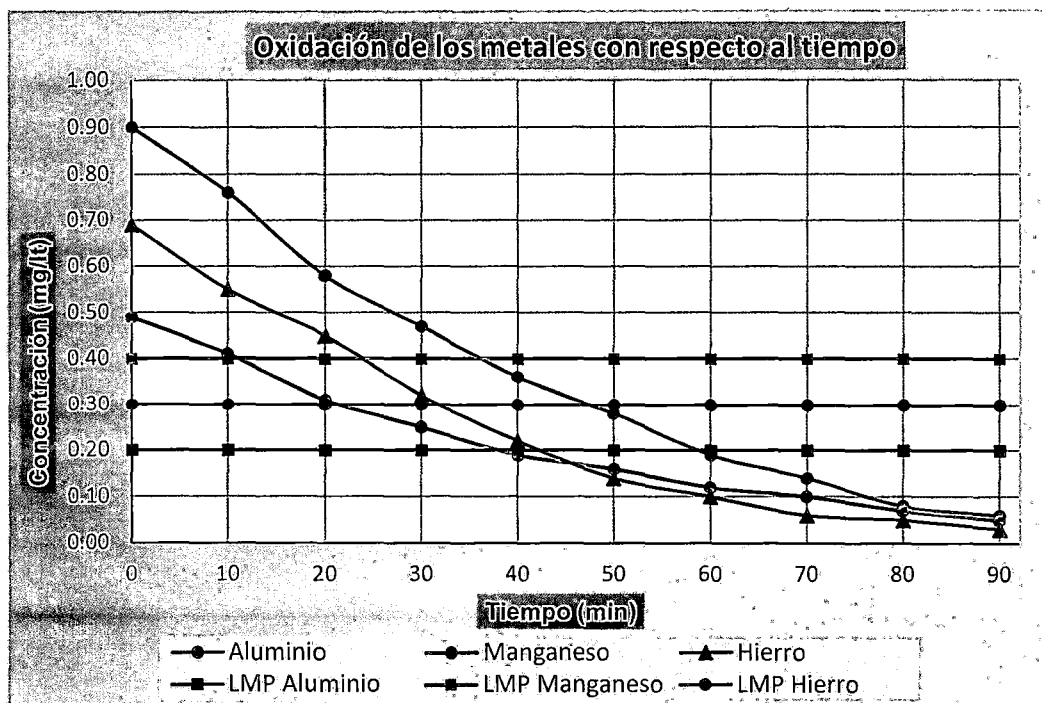
Por último se toman muestras de 100 ml aproximadamente de cada vaso, con jeringas de 40 ml, para realizar las mediciones correspondientes de cada parámetro evaluado (turbiedad, pH, alcalinidad, temperatura, conductividad, aluminio, manganeso y hierro).

Finalmente, se determinan las dosis óptima del alcalinizante, oxidante y coagulante, seleccionando aquellos valores de turbidez, pH, Aluminio, manganeso y hierro fueron los mínimos y estén dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

Tabla 4. Resultados del tiempo de oxidación del Aluminio, Manganeso y Hierro.
pH Inicial: 4.67

Tiempo (min)	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)	pH	Límite Máximo Permissible (mg/l)		
					Aluminio	Manganeso	Hierro
0	0.90	0.49	0.69	7.14	0.20	0.40	0.30
10	0.76	0.41	0.55	7.23	0.20	0.40	0.30
20	0.58	0.31	0.45	6.97	0.20	0.40	0.30
30	0.47	0.25	0.32	7.09	0.20	0.40	0.30
40	0.36	0.19	0.22	7.18	0.20	0.40	0.30
50	0.28	0.16	0.14	7.28	0.20	0.40	0.30
60	0.19	0.12	0.10	6.93	0.20	0.40	0.30
70	0.14	0.10	0.06	7.21	0.20	0.40	0.30
80	0.08	0.07	0.05	7.13	0.20	0.40	0.30
90	0.06	0.05	0.03	7.32	0.20	0.40	0.30

Gráfico 2. Determinación del tiempo de oxidación del aluminio, manganeso y hierro.



4.2.6. Procedimiento Experimental

El procedimiento consistió en tomar muestras de agua cruda en bidones de 45 L., en la Captación de Unchus y transportarlos al laboratorio de la EPS Chavín S.A., para realizar el Test de Jarras.

Una vez en el laboratorio se homogeniza la muestra de agua y se determinan los parámetros como: Turbiedad, pH, conductividad, alcalinidad y los componentes químicos (aluminio, manganeso y hierro).

En seguida se llenan las muestras de agua en los vasos precipitados y se proceden los pasos descritos en el ítem 4.2.5., hasta realizar los análisis de los diferentes parámetros en evaluación.

4.2.7. Número de Ensayos realizados

El número de ensayos realizados durante la Investigación fueron de 52 ensayos de test de jarras durante un año (ciclo hidrológico), realizando de 4 a 5 ensayos por mes, desde Julio de 2014 a Junio de 2015.

**Tabla 5. Número de ensayos realizados durante los meses de estudio.
(Test de jarras)**

Mes/año	N° de Ensayos realizados
jul-14	5
ago-14	4
sep-14	4
oct-14	5
nov-14	4
dic-14	5
ene-15	4
feb-15	4
mar-15	5
abr-15	4
may-15	4
jun-15	4
Total	52

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Ensayo de laboratorio con el test de jarras

5.1.1. Número de Ensayos realizados durante el periodo Julio 2014 - Junio 2015

A continuación se encuentran los datos experimentales de los parámetros físico-químicos del agua cruda evaluados y sus respectivos resultados después de la Prueba de jarras con los insumos (hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio), que se han utilizados durante el ensayo de laboratorio, organizados por meses durante un ciclo hidrológico (Julio 2014 a Junio 2015).

5.1.1.1. Ensayo en el mes de Julio 2014

Este mes es de temporada seca, el caudal del río Auqui va paulatinamente en descenso y la turbiedad del agua es baja, donde empieza a incrementarse la concentración de los elementos químicos presentes en el agua por lo tanto el pH del agua tiende a bajar.

En el mes de Julio se analizaron cinco muestras que fueron recogidas por el personal designado en la captación de Coyllur.

Tabla 6. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Julio 2014.

N° de Ensayo	jul-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
1	03/07/2014	3.16	1.18	4.63	0.85	0.43	0.61
2	09/07/2014	2.47	1.18	4.57	0.87	0.42	0.59
3	17/07/2014	3.85	0.99	4.62	0.89	0.41	0.60
4	22/07/2014	3.27	1.18	4.53	0.84	0.43	0.62
5	30/07/2014	2.83	0.99	4.59	0.88	0.45	0.61

Tabla 7. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y polícloruro de aluminio en el mes de Julio 2014.

N° de Ensayo	jul-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
1	03/07/2014	13	4	3	4	5	6	7	8
2	09/07/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
3	17/07/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
4	22/07/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
5	30/07/2014	13	3	2	3	4	5	6	7

Tabla 8. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Julio 2014.

N° de Ensayo	jul-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
1	03/07/2014	2	2	4	2	2	0	11.5	121.5
2	09/07/2014	2	2	4	2	2	0	10.7	116.8
3	17/07/2014	0	2	2	4	2	2	11.4	119.3
4	22/07/2014	0	2	2	4	2	2	11.8	115.8
5	30/07/2014	2	2	4	2	2	0	10.9	123.4

Tabla 9. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Julio 2014.

N° de Ensayo	jul-14	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH	Polifloc (mg/l)
1	03/07/2014	1.94	1.76	1.69	1.87	2.16	2.11	6.98	5
2	09/07/2014	1.69	1.42	1.34	1.52	1.76	2.08	7.25	4
3	17/07/2014	2.84	2.68	2.23	1.89	2.11	2.64	6.90	5
4	22/07/2014	2.73	2.57	1.93	1.67	2.17	2.42	6.93	5
5	30/07/2014	2.17	1.86	1.71	1.89	2.18	2.29	7.19	4

Tabla 10. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Julio 2014.

N° de Ensayo	jul-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
1	03/07/2014	1.69	7.09	6.98	0.06	0.06	0.05
2	09/07/2014	1.34	7.68	7.25	0.07	0.05	0.04
3	17/07/2014	1.89	6.90	6.90	0.04	0.06	0.03
4	22/07/2014	1.67	7.09	6.93	0.06	0.05	0.05
5	30/07/2014	1.71	7.49	7.19	0.05	0.06	0.04

5.1.1.2. Ensayos en el mes de Agosto 2014

Este mes sigue la temporada seca, el caudal del río Auqui sigue en descenso y la turbiedad del agua también sigue bajando, se incrementa la concentración de los elementos químicos presentes en el agua y el pH tiende a bajar.

En el mes de Agosto se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas por el personal designado en la captación de Coyllur.

Tabla 11. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Agosto 2014.

N° de Ensayo	ago-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
6	05/08/2014	4.25	0.99	4.48	0.90	0.44	0.63
7	13/08/2014	3.56	1.18	4.54	0.87	0.43	0.61
8	22/08/2014	2.64	0.99	4.61	0.85	0.45	0.63
9	27/08/2014	3.32	0.99	4.58	0.90	0.44	0.64

Tabla 12. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Agosto 2014.

N° de Ensayo	ago-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
6	05/08/2014	14	4	3	4	5	6	7	8
7	13/08/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
8	22/08/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
9	27/08/2014	13	5	2	3	4	5	6	7

Tabla 13. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Agosto 2014.

N° de Ensayo	ago-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
6	05/08/2014	0	2	2	4	2	2	10.6	120.3
7	13/08/2014	0	2	2	4	2	2	11.2	117.5
8	22/08/2014	2	2	4	2	2	0	10.8	118.6
9	27/08/2014	0	2	2	4	2	2	11.6	115.5

Tabla 14. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Agosto 2014.

N° de Ensayo	ago-14	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
6	05/08/2014	3.14	2.63	2.09	1.86	2.19	2.43	7.19	6
7	13/08/2014	2.07	1.93	1.48	1.41	1.65	1.83	7.22	5
8	22/08/2014	1.63	1.46	1.37	1.56	1.73	2.05	6.95	4
9	27/08/2014	2.22	2.13	1.86	1.74	2.01	2.26	7.06	5

Tabla 15. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Agosto 2014.

N° de Ensayo	ago-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
6	05/08/2014	1.86	7.68	7.19	0.07	0.06	0.05
7	13/08/2014	1.41	7.68	7.22	0.06	0.05	0.06
8	22/08/2014	1.37	7.09	6.95	0.07	0.05	0.04
9	27/08/2014	1.74	7.29	7.06	0.05	0.06	0.05

5.1.1.3. Ensayos en el mes de Septiembre 2014

Este mes sigue la temporada seca, donde el caudal y la turbiedad del río Auqui van bajando, se observa el aumento de la concentración de los elementos químicos presentes en el agua y el pH se mantiene.

En el mes de Septiembre se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 16. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Septiembre 2014.

N° de Ensayo	sep-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
10	02/09/2014	3.77	1.18	4.62	0.87	0.46	0.62
11	10/09/2014	2.95	1.18	4.53	0.92	0.48	0.65
12	19/09/2014	4.08	0.99	4.67	0.90	0.46	0.63
13	24/09/2014	3.39	1.18	4.61	0.89	0.46	0.66

Tabla 17. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Septiembre 2014.

N° de Ensayo	sep-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
10	02/09/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
11	10/09/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
12	19/09/2014	14	4	3	4	5	6	7	8
13	24/09/2014	13	4	2	3	4	5	6	7

Tabla 18. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Septiembre 2014.

N° de Ensayo	sep-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
10	02/09/2014	0	2	2	4	2	2	11.2	122.8
11	10/09/2014	2	2	4	2	2	0	11.6	119.4
12	19/09/2014	0	2	2	4	2	2	11.4	116.7
13	24/09/2014	0	2	2	4	2	2	10.7	121.3

Tabla 19. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Septiembre 2014.

N° de Ensayo	sep-14	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
10	02/09/2014	1.88	1.74	1.48	1.42	1.55	1.63	7.03	5
11	10/09/2014	1.45	1.30	1.28	1.43	1.63	1.72	7.26	4
12	19/09/2014	2.46	2.33	1.93	1.78	2.17	2.42	7.15	6
13	24/09/2014	2.40	2.27	1.93	1.76	1.98	2.14	6.97	5

Tabla 20. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada del mes de Septiembre 2014.

N° de Ensayo	sep-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
10	02/09/2014	1.42	7.29	7.03	0.06	0.06	0.05
11	10/09/2014	1.28	7.88	7.26	0.05	0.05	0.04
12	19/09/2014	1.78	7.49	7.15	0.04	0.06	0.04
13	24/09/2014	1.76	7.09	6.97	0.07	0.05	0.03

5.1.1.4. Ensayos en el mes de Octubre 2014

Este mes sigue la temporada seca, el caudal y la turbiedad del río Auqui se registran bajas, se registran altas concentraciones de los elementos químicos presentes en el agua y el pH se mantiene bajo.

En el mes de Octubre se analizaron cinco muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 21. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Octubre 2014.

N° de Ensayo	oct-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
14	02/10/2014	2.60	0.99	4.59	0.93	0.47	0.64
15	10/10/2014	3.45	0.99	4.69	0.94	0.49	0.64
16	16/10/2014	3.62	1.18	4.76	0.91	0.47	0.67
17	22/10/2014	5.34	1.18	4.51	0.94	0.49	0.65
18	29/10/2014	2.81	0.99	4.74	0.92	0.47	0.67

Tabla 22. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Octubre 2014.

N° de Ensayo	oct-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
14	02/10/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
15	10/10/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
16	16/10/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
17	22/10/2014	14	5	4	5	6	7	8	9
18	29/10/2014	13	3	2	3	4	5	6	7

Tabla 23. Determinación del Índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Octubre 2014.

N° de Ensayo	oct-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
14	02/10/2014	2	2	4	2	2	0	10.6	118.1
15	10/10/2014	0	2	2	4	2	2	10.8	115.8
16	16/10/2014	0	2	2	4	2	2	11.7	123.6
17	22/10/2014	0	2	2	4	2	2	11.5	120.9
18	29/10/2014	2	2	4	2	2	0	11.0	117.2

Tabla 24. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Octubre 2014.

N° de Ensayo	oct-14	Turbiedad decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
14	02/10/2014	1.45	1.48	1.35	1.51	1.73	1.86	7.08	4
15	10/10/2014	2.23	2.20	1.87	1.74	1.92	2.08	7.18	5
16	16/10/2014	1.95	1.82	1.60	1.53	1.63	1.77	7.24	5
17	22/10/2014	3.01	2.84	2.17	1.98	2.34	2.47	6.93	7
18	29/10/2014	1.57	1.46	1.39	1.44	1.57	1.63	7.12	4

Tabla 25. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Octubre 2014.

N° de Ensayo	oct-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
14	02/10/2014	1.35	7.29	7.08	0.06	0.05	0.05
15	10/10/2014	1.74	7.49	7.18	0.04	0.06	0.04
16	16/10/2014	1.53	7.68	7.24	0.07	0.05	0.05
17	22/10/2014	1.98	7.09	6.93	0.05	0.05	0.04
18	29/10/2014	1.39	7.49	7.12	0.06	0.06	0.04

5.1.1.5. Ensayos en el mes de Noviembre 2014

Este mes se presenta con pocas precipitaciones pluviales, donde inicia el aumento del caudal y la turbiedad del río Auqui, en cuanto a la concentración de los componentes químicos se mantiene.

En el mes de Noviembre se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 26. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Noviembre 2014.

N° de Ensayo	nov-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
19	04/11/2014	3.36	1.18	4.78	0.96	0.48	0.69
20	10/11/2014	2.93	0.99	4.87	0.93	0.46	0.67
21	20/11/2014	2.58	1.18	5.01	0.95	0.47	0.68
22	26/11/2014	3.84	1.18	4.92	0.92	0.44	0.67

Tabla 27. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Noviembre 2014.

N° de Ensayo	nov-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
19	04/11/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
20	10/11/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
21	20/11/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
22	26/11/2014	13	4	3	4	5	6	7	8

Tabla 28. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Noviembre 2014.

N° de Ensayo	nov-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
19	04/11/2014	0	2	2	4	2	2	11.1	120.4
20	10/11/2014	2	2	4	2	2	0	11.5	123.6
21	20/11/2014	2	2	4	2	2	0	11.6	115.7
22	26/11/2014	2	2	4	2	2	0	11.9	116.9

Tabla 29. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima del mes de Noviembre 2014.

N° de Ensayo	nov-14	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
19	04/11/2014	2.18	2.06	1.72	1.59	1.72	1.87	7.05	5
20	10/11/2014	1.38	1.31	1.29	1.37	1.45	1.43	6.97	4
21	20/11/2014	1.42	1.36	1.28	1.33	1.52	1.58	7.21	4
22	26/11/2014	2.26	2.14	1.74	1.78	1.91	2.09	6.89	5

Tabla 30. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Noviembre 2014.

N° de Ensayo	nov-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
19	04/11/2014	1.59	7.29	7.05	0.04	0.05	0.03
20	10/11/2014	1.29	7.09	6.97	0.05	0.05	0.05
21	20/11/2014	1.28	7.68	7.21	0.06	0.06	0.03
22	26/11/2014	1.74	6.90	6.89	0.04	0.06	0.04

5.1.1.6. Ensayos en el mes de Diciembre 2014

Este es el mes que presenta precipitaciones pluviales regulares, donde el río Auqui va aumentando de caudal paulatinamente y la turbiedad empieza a subir, mientras que la concentración de los componentes químicos empieza a bajar.

En el mes de Diciembre se analizaron cinco muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 31. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Diciembre 2014.

N° de Ensayo	dic-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
23	02/12/2014	3.53	0.99	5.07	0.90	0.46	0.68
24	11/12/2014	2.72	1.18	5.11	0.86	0.42	0.66
25	17/12/2014	3.69	1.18	5.23	0.88	0.41	0.65
26	26/12/2014	4.12	0.99	5.28	0.86	0.40	0.64
27	30/12/2014	23.5	1.18	5.32	0.84	0.42	0.65

Tabla 32. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Diciembre 2014.

N° de Ensayo	dic-14	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
23	02/12/2014	13	4	2	3	4	5	6	7
24	11/12/2014	13	3	2	3	4	5	6	7
25	17/12/2014	13	4	3	4	5	6	7	8
26	26/12/2014	14	4	3	4	5	6	7	8
27	30/12/2014	18	8	15	16	17	18	19	20

Tabla 33. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Diciembre 2014.

N° de Ensayo	dic-14	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
23	02/12/2014	0	2	2	4	2	2	11.4	115.8
24	11/12/2014	2	2	4	2	2	0	10.8	118.7
25	17/12/2014	2	2	4	2	2	0	11.3	119.6
26	26/12/2014	0	2	2	4	2	2	11.0	122.5
27	30/12/2014	2	4	6	4	2	2	10.7	120.6

Tabla 34. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Diciembre 2014.

N° de Ensayo	dic-14	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
23	02/12/2014	2.10	2.01	1.85	1.62	1.74	1.98	7.17	5
24	11/12/2014	1.29	1.32	1.23	1.27	1.43	1.50	6.94	4
25	17/12/2014	2.07	2.03	1.63	1.69	1.87	1.92	7.25	5
26	26/12/2014	2.08	2.19	1.96	1.82	2.16	2.37	7.14	6
27	30/12/2014	4.55	3.84	2.63	2.83	3.17	3.65	6.98	16

Tabla 35. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Diciembre 2014.

N° de Ensayo	dic-14	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
23	02/12/2014	1.62	7.49	7.17	0.07	0.07	0.04
24	11/12/2014	1.23	7.09	6.94	0.05	0.05	0.05
25	17/12/2014	1.63	7.68	7.25	0.06	0.07	0.04
26	26/12/2014	1.82	7.49	7.14	0.04	0.06	0.03
27	30/12/2014	2.63	7.09	6.98	0.06	0.05	0.04

5.1.1.7. Ensayos en el mes de Enero 2015

Este mes presenta precipitaciones pluviales continuas, donde el río Auqui va aumentando de caudal paulatinamente, en cuanto a la concentración de los componentes químicos se diluye y el pH empieza a subir.

En el mes de Enero se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 36. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Enero 2015.

N° de Ensayo	ene-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
28	06/01/2015	4.47	0.99	5.38	0.85	0.37	0.63
29	14/01/2015	6.82	0.99	5.48	0.83	0.38	0.64
30	22/01/2015	34.5	1.18	5.53	0.80	0.36	0.62
31	27/01/2015	67.6	1.18	5.41	0.82	0.38	0.61

Tabla 37. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Enero 2015.

N° de Ensayo	ene-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
28	06/01/2015	14	4	3	4	5	6	7	8
29	14/01/2015	15	5	5	6	7	8	9	10
30	22/01/2015	20	10	19	20	21	22	23	24
31	27/01/2015	24	12	25	26	27	28	29	30

Tabla 38. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Enero 2015.

N° de Ensayo	ene-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
28	06/01/2015	0	2	2	4	2	2	10.5	122.3
29	14/01/2015	0	2	2	4	2	2	10.6	123.0
30	22/01/2015	2	4	6	4	4	2	11.8	119.4
31	27/01/2015	2	4	4	6	4	2	11.2	116.8

Tabla 39. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Enero 2015.

N° de Ensayo	ene-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
28	06/01/2015	1.87	2.01	1.68	1.57	1.90	2.18	7.12	6
29	14/01/2015	2.86	2.67	2.24	1.78	1.93	2.17	7.25	8
30	22/01/2015	3.45	3.12	2.36	2.51	2.84	3.02	7.02	21
31	27/01/2015	4.17	4.28	2.74	2.43	3.08	3.81	6.97	28

Tabla 40. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Enero 2015.

N° de Ensayo	ene-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
28	06/01/2015	1.57	7.49	7.12	0.04	0.07	0.05
29	14/01/2015	1.78	7.68	7.25	0.06	0.05	0.04
30	22/01/2015	2.36	7.29	7.02	0.07	0.06	0.05
31	27/01/2015	2.43	7.09	6.97	0.05	0.05	0.03

5.1.1.8. Ensayos en el mes de Febrero 2015

Mes que presenta precipitaciones pluviales regulares, donde el caudal aumenta considerablemente. En el mes de Febrero se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 41. Resultados de la turbiedad, pH, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Febrero 2015.

N° de Ensayo	feb-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
32	05/02/2015	4.78	1.18	5.38	0.84	0.37	0.59
33	12/02/2015	3.21	1.18	5.27	0.79	0.36	0.57
34	18/02/2015	85.3	0.99	5.14	0.82	0.35	0.59
35	27/02/2015	13.6	0.99	5.21	0.78	0.36	0.57

Tabla 42. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de febrero 2015.

N° de Ensayo	feb-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
32	05/02/2015	14	4	4	5	6	7	8	9
33	12/02/2015	13	4	2	3	4	5	6	7
34	18/02/2015	26	13	28	29	30	31	32	33
35	27/02/2015	16	7	10	11	12	13	14	15

Tabla 43. Determinación del índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Febrero 2015.

N° de Ensayo	feb-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
32	05/02/2015	2	2	4	2	2	0	11.3	118.4
33	12/02/2015	0	2	2	4	2	2	11.7	117.9
34	18/02/2015	4	6	6	8	6	4	11.9	121.7
35	27/02/2015	2	2	4	2	2	2	10.8	120.2

Tabla 44. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Febrero 2015.

N° de Ensayo	feb-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
32	05/02/2015	1.97	2.04	1.47	1.53	1.97	2.18	7.19	6
33	12/02/2015	2.01	1.84	1.55	1.43	1.64	1.76	7.06	5
34	18/02/2015	5.81	4.82	4.23	2.95	3.51	4.96	6.94	31
35	27/02/2015	3.85	3.35	1.87	2.06	2.36	2.87	7.11	11

Tabla 45. Resultados de la turbiedad, alcalinidad, pH final y residuales de (aluminio, manganeso y hierro) del agua decantada en el mes de Febrero 2015.

N° de Ensayo	feb-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
32	05/02/2015	1.47	7.49	7.19	0.04	0.06	0.05
33	12/02/2015	1.43	7.29	7.06	0.06	0.07	0.04
34	18/02/2015	2.95	7.09	6.94	0.04	0.05	0.05
35	27/02/2015	1.87	7.49	7.11	0.07	0.07	0.04

5.1.1.9. Ensayos en el mes de Marzo 2015

Este es el mes que se presenta con mayores precipitaciones pluviales, donde el río Auqui aumenta a su máximo caudal y mayor turbiedad, los componentes químicos se diluyen y se registran menores concentraciones por lo tanto el pH alcanza a su máximo registro.

En el mes de Marzo se analizaron cinco muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 46. Resultados de la turbiedad, pH, Aluminio, Manganeso y Hierro del agua cruda del mes de Marzo 2015.

N° de Ensayo	mar-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
36	03/03/2015	623	1.18	5.26	0.80	0.35	0.56
37	12/03/2015	125	0.99	5.37	0.75	0.36	0.57
38	17/03/2015	93.4	1.18	5.29	0.78	0.32	0.54
39	25/03/2015	28.4	0.99	5.30	0.80	0.34	0.56
40	30/03/2015	27.3	1.18	5.27	0.77	0.33	0.54

Tabla 47. Dosificación del Hidróxido de Calcio, Hipoclorito de Calcio y Policloruro de Aluminio en el mes de Marzo 2015.

N° de Ensayo	mar-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCI2 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
36	03/03/2015	45	22	58	60	62	64	66	68
37	12/03/2015	30	14	30	32	34	36	38	40
38	17/03/2015	27	13	28	30	32	34	36	38
39	25/03/2015	19	9	16	17	18	19	20	21
40	30/03/2015	19	9	17	18	19	20	21	22

Tabla 48. Determinación del Índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Marzo 2015.

N° de Ensayo	mar-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
36	03/03/2015	6	6	8	6	4	4	11.0	115.7
37	12/03/2015	4	6	6	8	6	4	10.5	119.8
38	17/03/2015	4	6	8	6	6	4	11.3	122.5
39	25/03/2015	2	4	4	6	4	2	10.7	123.6
40	30/03/2015	2	4	6	4	4	2	11.9	116.8

Tabla 49. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Marzo 2015.

N° de Ensayo	mar-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
36	03/03/2015	5.13	4.23	3.25	3.52	4.52	4.75	6.95	62
37	12/03/2015	4.27	4.01	3.37	2.95	3.07	3.54	7.14	36
38	17/03/2015	4.13	3.52	2.65	2.74	3.51	3.67	7.23	32
39	25/03/2015	4.06	3.64	2.56	2.43	2.67	3.11	7.16	19
40	30/03/2015	3.21	2.74	2.38	2.47	3.24	3.65	7.15	18

Tabla 50. Resultados de la turbiedad, Alcalinidad, pH final y residuales de (Aluminio, Manganeso y Hierro) del agua decantada en el mes de Marzo 2015.

N° de Ensayo	mar-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
36	03/03/2015	3.25	7.09	6.95	0.05	0.05	0.05
37	12/03/2015	2.95	7.49	7.14	0.06	0.06	0.04
38	17/03/2015	2.65	7.68	7.23	0.07	0.07	0.03
39	25/03/2015	2.43	7.49	7.16	0.04	0.06	0.04
40	30/03/2015	2.38	7.49	7.15	0.06	0.05	0.05

5.1.1.10. Ensayos en el mes de Abril 2015

Este mes empieza abajar la intensidad de precipitaciones pluviales, donde el río Auqui mantiene su caudal pero baja la turbiedad, los componentes químicos se diluyen y se siguen registrando menores concentraciones.

En el mes de Abril se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 51. Resultados de la turbiedad, pH, Aluminio, Manganeso y Hierro del agua cruda en el mes de Abril 2015.

N° de Ensayo	abr-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
41	07/04/2015	31.8	0.99	5.34	0.78	0.34	0.55
42	15/04/2015	5.46	1.18	5.25	0.81	0.32	0.57
43	21/04/2015	4.62	0.99	5.17	0.83	0.34	0.56
44	29/03/2015	3.54	1.18	5.06	0.80	0.32	0.57

Tabla 52. Dosificación del Hidróxido de Calcio, Hipoclorito de Calcio y Policloruro de Aluminio en el mes de Abril 2015.

N° de Ensayo	abr-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
41	07/04/2015	20	9	17	18	19	20	21	22
42	15/04/2015	14	5	5	6	7	8	9	10
43	21/04/2015	14	4	4	5	6	7	8	9
44	29/03/2015	13	4	2	3	4	5	6	7

Tabla 53. Determinación del Índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Abril 2015.

N° de Ensayo	abr-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
41	07/04/2015	2	4	4	6	4	2	11.5	123.4
42	15/04/2015	2	2	4	2	2	0	10.6	119.8
43	21/04/2015	2	2	4	2	2	0	11.2	122.1
44	29/03/2015	0	2	2	4	2	2	10.9	123.1

Tabla 54. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Abril 2015.

N° de Ensayo	abr-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
41	07/04/2015	3.16	2.84	2.38	2.26	2.57	2.87	7.20	19
42	15/04/2015	2.37	2.08	1.69	1.83	2.61	2.92	7.25	7
43	21/04/2015	2.06	1.63	1.55	1.86	2.39	2.67	7.18	6
44	29/03/2015	2.24	1.97	1.54	1.39	1.47	1.67	7.04	5

Tabla 55. Resultados de la turbiedad, Alcalinidad, pH final y residuales de (Aluminio, Manganeso y Hierro) del agua decantada en el mes de Abril 2015.

N° de Ensayo	abr-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
41	07/04/2015	2.26	7.68	7.20	0.05	0.05	0.05
42	15/04/2015	1.69	7.68	7.25	0.06	0.07	0.04
43	21/04/2015	1.55	7.49	7.18	0.04	0.06	0.04
44	29/03/2015	1.39	7.29	7.04	0.05	0.05	0.05

5.1.1.11. Ensayos en el mes de Mayo 2015

Este mes es el inicio de la época de estiaje pocas precipitaciones pluviales, donde el caudal del río Auqui empieza a bajar y por ende la turbiedad también, el pH empieza a bajar.

En el mes de Mayo se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 56. Resultados de la turbiedad, pH, Aluminio, Manganeso y Hierro del agua cruda en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	may-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
45	05/05/2015	3.17	0.99	4.97	0.80	0.34	0.58
46	14/05/2015	3.67	1.18	4.88	0.82	0.34	0.57
47	20/05/2015	2.78	1.18	4.83	0.84	0.35	0.59
48	29/05/2015	2.92	0.99	4.81	0.81	0.35	0.60

Tabla 57. Dosificación del Hidróxido de Calcio, Hipoclorito de Calcio y Policloruro de Aluminio en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	may-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
45	05/05/2015	13	4	2	3	4	5	6	7
46	14/05/2015	13	4	3	4	5	6	7	8
47	20/05/2015	13	3	2	3	4	5	6	7
48	29/05/2015	13	3	2	3	4	5	6	7

Tabla 58. Determinación del Índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	may-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
45	05/05/2015	0	2	2	4	2	2	11.0	120.9
46	14/05/2015	2	2	4	2	2	0	11.3	116.3
47	20/05/2015	2	2	4	2	2	0	10.5	117.8
48	29/05/2015	2	2	4	2	2	0	10.2	115.9

Tabla 59. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	may-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
45	05/05/2015	2.07	1.92	1.55	1.42	1.54	1.74	7.16	5
46	14/05/2015	1.93	1.64	1.41	1.47	2.06	2.27	7.20	5
47	20/05/2015	1.54	1.37	1.27	1.34	1.46	1.82	7.13	4
48	29/05/2015	1.62	1.43	1.24	1.31	1.67	1.89	7.17	4

Tabla 60. Resultados de la turbiedad, Alcalinidad, pH final y residuales de (Aluminio, Manganeso y Hierro) del agua decantada en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	may-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
45	05/05/2015	1.42	7.49	7.16	0.07	0.07	0.03
46	14/05/2015	1.41	7.68	7.20	0.04	0.05	0.04
47	20/05/2015	1.27	7.49	7.13	0.06	0.06	0.05
48	29/05/2015	1.24	7.49	7.17	0.04	0.05	0.05

5.1.1.12. Ensayos en el mes de Junio 2015

Este mes es de temporada seca sin precipitaciones pluviales, donde el caudal del río Auqui va bajando paulatinamente, la turbiedad se mantienen baja.

En el mes de Junio se analizaron cuatro muestras que fueron recogidas en la captación de Coyllur, por el personal designado.

Tabla 61. Resultados de la turbiedad, pH, Aluminio, Manganeso y Hierro del agua cruda en el mes de Junio 2015.

N° de Ensayo	jun-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	pH Inicial	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/l)
49	04/06/2015	2.43	1.18	4.78	0.84	0.37	0.59
50	12/06/2015	2.56	0.99	4.73	0.86	0.39	0.61
51	17/06/2015	2.25	1.18	4.64	0.84	0.42	0.60
52	26/06/2015	2.37	0.99	4.60	0.87	0.42	0.62

Tabla 62. Dosificación del Hidróxido de Calcio, Hipoclorito de Calcio y Policloruro de Aluminio en el mes de Junio 2015.

N° de Ensayo	jun-15	Cal 1 % (mg/l)	CaOCl ₂ 0.1% (mg/l)	Dosificación de Polifloc al 1 % (mg/l)					
				1	2	3	4	5	6
49	04/06/2015	13	3	2	3	4	5	6	7
50	12/06/2015	13	3	2	3	4	5	6	7
51	17/06/2015	13	3	2	3	4	5	6	7
52	26/06/2015	13	3	2	3	4	5	6	7

Tabla 63. Determinación del Índice de Willcomb en el ensayo de laboratorio (prueba de jarras) en el mes de Mayo 2015.

N° de Ensayo	jun-15	Índice de Willcomb						En la dosis óptima	
		1	2	3	4	5	6	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm)
49	04/06/2015	2	2	4	2	2	0	11.5	118.4
50	12/06/2015	2	2	4	2	2	0	11.8	120.3
51	17/06/2015	2	2	4	2	2	0	10.6	117.6
52	26/06/2015	2	2	4	2	2	0	10.4	121.7

Tabla 64. Resultados de la turbiedad decantada, pH y dosis óptima del mes de Junio 2015.

N° de Ensayo	jun-15	Turbiedad Decantada (NTU)						Dosis Óptima	
		1	2	3	4	5	6	pH Final	Polifloc (mg/l)
49	04/06/2015	1.59	1.34	1.30	1.45	1.56	1.78	7.21	4
50	12/06/2015	1.57	1.46	1.37	1.52	1.76	1.84	7.18	4
51	17/06/2015	1.32	1.20	1.15	1.27	1.37	1.53	7.12	4
52	26/06/2015	1.38	1.31	1.23	1.28	1.51	1.52	7.25	4

Tabla 65. Resultados de la turbiedad, Alcalinidad, pH final y residuales de (Aluminio, Manganeso y Hierro) en el agua decantada del mes de Junio 2015.

N° de Ensayo	jun-15	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/)	pH Final	Aluminio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Hierro (mg/)
49	04/06/2015	1.30	7.68	7.21	0.07	0.06	0.04
50	12/06/2015	1.37	7.49	7.18	0.05	0.05	0.03
51	17/06/2015	1.15	7.29	7.12	0.04	0.05	0.05
52	26/06/2015	1.23	7.68	7.25	0.06	0.06	0.04

5.1.2. Dosis óptima de los Insumos

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de las turbiedades iniciales del agua cruda y las dosis óptimas halladas después del tratamiento con el ensayo de la prueba jarras, aplicando los insumos de hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio respectivamente, además de sus respectivas graficas Turbiedad – Concentración de los insumos. Con el fin de analizar los datos obtenidos de una manera más clara.

5.1.2.1. Tabla de dosis óptima de los insumos con diferentes turbiedades

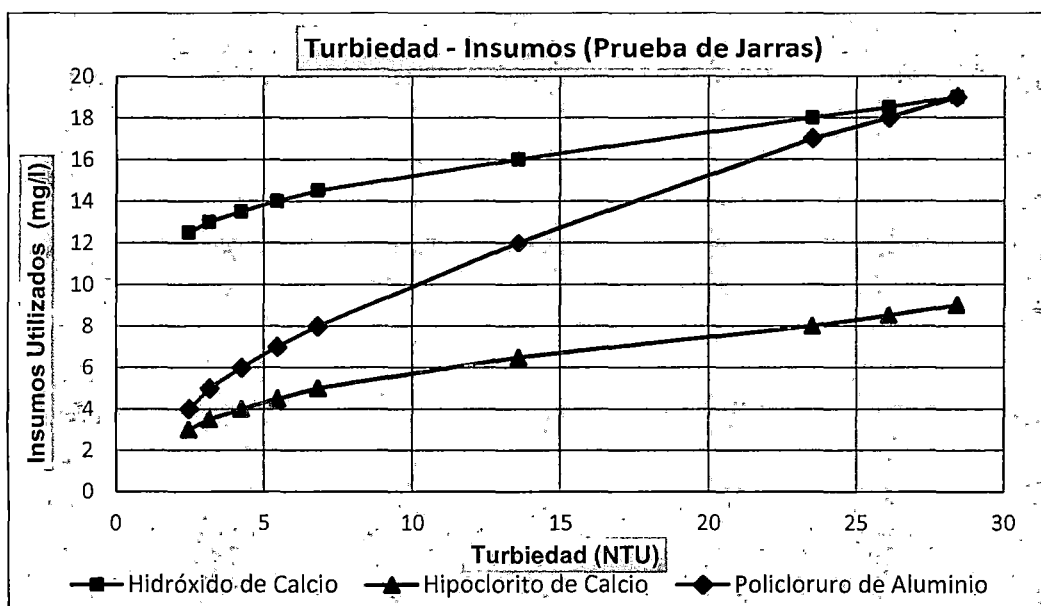
Tabla 66. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en la Prueba de Jarras.

Turbiedad (NTU)	Concentración (mg/l)		
	Hidróxido de Calcio al 1%	Hipoclorito de Calcio al 1%	Policloruro de Aluminio 1%
2.47	13	3	4
3.16	13	4	5
4.25	14	4	6
5.46	14	5	7
6.82	15	5	8
13.6	16	7	12
23.5	18	8	17
26.1	19	9	18
28.4	19	9	19
34.5	20	10	21
67.6	24	12	28
85.3	26	13	31
93.4	27	13	32
125	30	14	36

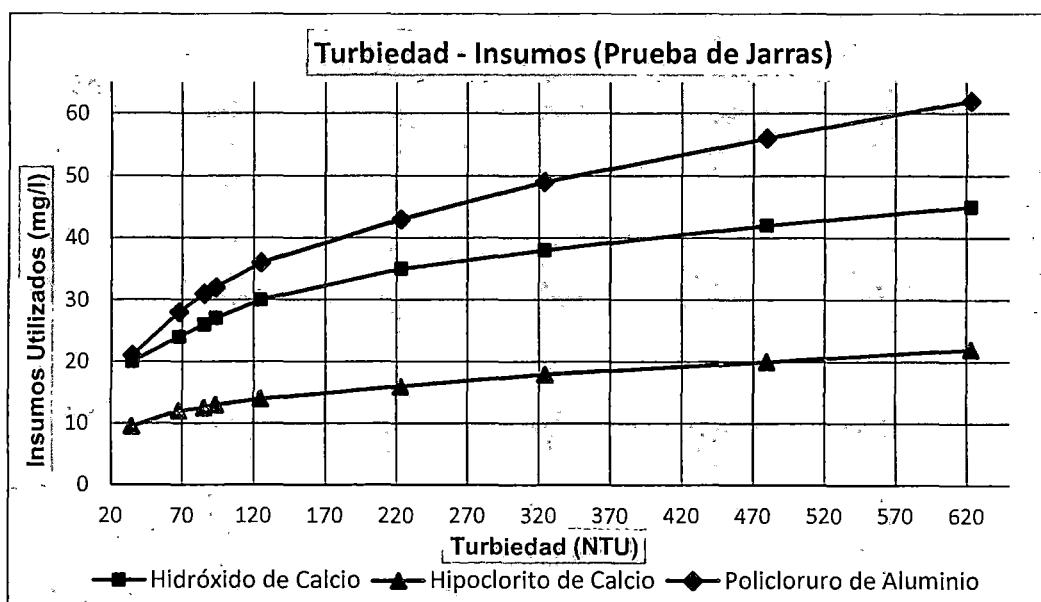
223	35	16	43
324	38	18	49
479	42	20	56
623	45	22	62

5.1.2.2. Gráfica de dosis óptima de los insumos.

Gráfica 03. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en la Prueba de Jarras en el rango de 0 a 30 NTU.



Gráfica 04. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en la Prueba de Jarras en el rango de 30 a 630 NTU.



5.1.3. Condiciones iniciales y finales del Al, Mn y Fe en el test de jarras.

En las siguientes tablas se encuentran organizados, los 52 ensayos realizados en el test de jarras, con sus respectivos valores analizados antes y después del ensayo de laboratorio comparados con los valores del LMP.

Tabla 67. Condiciones iniciales y finales del Aluminio de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras.

Meses	N° de Ensayo	Fecha	Aluminio Inicial (mg/l)	Aluminio Final (mg/l)	LMP (mg/l)
jul-14	1	03/07/2014	0.85	0.06	0.20
	2	09/07/2014	0.87	0.07	0.20
	3	17/07/2014	0.89	0.04	0.20
	4	22/07/2014	0.84	0.06	0.20
	5	30/07/2014	0.88	0.05	0.20
ago-14	6	05/08/2014	0.90	0.07	0.20
	7	13/08/2014	0.87	0.06	0.20
	8	22/08/2014	0.85	0.07	0.20
	9	27/08/2014	0.90	0.05	0.20
sep-14	10	02/09/2014	0.87	0.06	0.20
	11	10/09/2014	0.92	0.05	0.20
	12	19/09/2014	0.90	0.04	0.20
	13	24/09/2014	0.89	0.07	0.20
oct-14	14	02/10/2014	0.93	0.06	0.20
	15	10/10/2014	0.94	0.04	0.20
	16	16/10/2014	0.91	0.07	0.20
	17	22/10/2014	0.94	0.05	0.20
	18	29/10/2014	0.92	0.06	0.20
nov-14	19	04/11/2014	0.96	0.04	0.20
	20	10/11/2014	0.93	0.05	0.20
	21	20/11/2014	0.95	0.06	0.20
	22	26/11/2014	0.92	0.04	0.20
dic-14	23	02/12/2014	0.90	0.07	0.20
	24	11/12/2014	0.86	0.05	0.20
	25	17/12/2014	0.88	0.06	0.20
	26	26/12/2014	0.86	0.04	0.20
	27	30/12/2014	0.84	0.06	0.20
ene-15	28	06/01/2015	0.85	0.04	0.20
	29	14/01/2015	0.83	0.06	0.20
	30	22/01/2015	0.80	0.07	0.20
	31	27/01/2015	0.82	0.05	0.20
feb-15	32	05/02/2015	0.84	0.04	0.20
	33	12/02/2015	0.79	0.06	0.20

	34	18/02/2015	0.82	0.04	0.20
	35	27/02/2015	0.78	0.07	0.20
mar-15	36	03/03/2015	0.80	0.05	0.20
	37	12/03/2015	0.75	0.06	0.20
	38	17/03/2015	0.78	0.07	0.20
	39	25/03/2015	0.80	0.04	0.20
	40	30/03/2015	0.77	0.06	0.20
	abr-15	41	07/04/2015	0.78	0.05
42		15/04/2015	0.81	0.06	0.20
43		21/04/2015	0.83	0.04	0.20
44		29/04/2015	0.80	0.05	0.20
may-15	45	05/05/2015	0.80	0.07	0.20
	46	14/05/2015	0.82	0.04	0.20
	47	20/05/2015	0.84	0.06	0.20
	48	29/05/2015	0.81	0.04	0.20
jun-15	49	04/06/2015	0.84	0.07	0.20
	50	12/06/2015	0.86	0.05	0.20
	51	17/06/2015	0.84	0.04	0.20
	52	26/06/2015	0.87	0.06	0.20

Gráfica 5. Aluminio inicial y final de los 52 ensayos realizados.

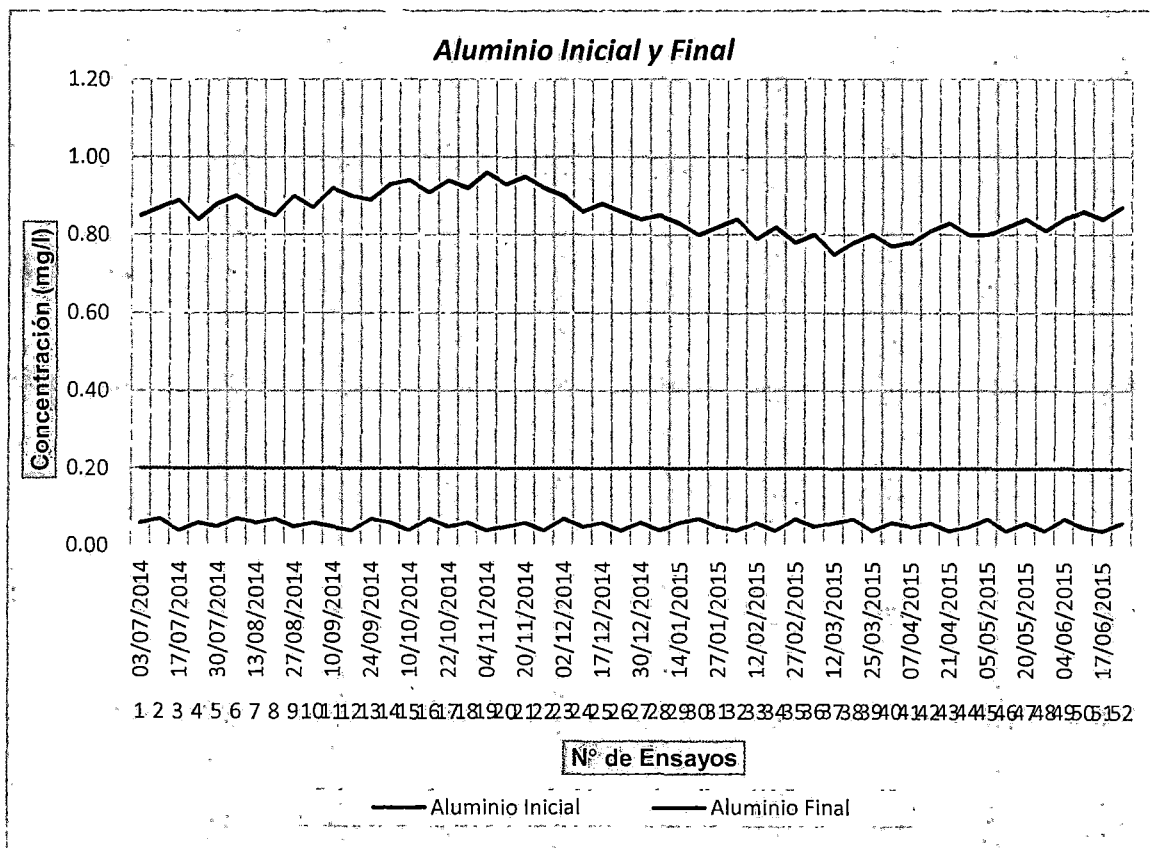


Tabla 68. Condiciones iniciales y finales del Manganeso de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras.

Meses	N° de Ensayo	Fecha	Manganeso Inicial (mg/l)	Manganeso Final (mg/l)	LMP (mg/l)
jul-14	1	03/07/2014	0.43	0.06	0.40
	2	09/07/2014	0.42	0.05	0.40
	3	17/07/2014	0.41	0.06	0.40
	4	22/07/2014	0.43	0.05	0.40
	5	30/07/2014	0.45	0.06	0.40
ago-14	6	05/08/2014	0.44	0.06	0.40
	7	13/08/2014	0.43	0.05	0.40
	8	22/08/2014	0.45	0.05	0.40
	9	27/08/2014	0.44	0.06	0.40
sep-14	10	02/09/2014	0.46	0.06	0.40
	11	10/09/2014	0.48	0.05	0.40
	12	19/09/2014	0.46	0.06	0.40
	13	24/09/2014	0.46	0.05	0.40
oct-14	14	02/10/2014	0.47	0.05	0.40
	15	10/10/2014	0.49	0.06	0.40
	16	16/10/2014	0.47	0.05	0.40
	17	22/10/2014	0.49	0.05	0.40
	18	29/10/2014	0.47	0.06	0.40
nov-14	19	04/11/2014	0.48	0.05	0.40
	20	10/11/2014	0.46	0.05	0.40
	21	20/11/2014	0.47	0.06	0.40
	22	26/11/2014	0.44	0.06	0.40
dic-14	23	02/12/2014	0.46	0.07	0.40
	24	11/12/2014	0.42	0.05	0.40
	25	17/12/2014	0.41	0.07	0.40
	26	26/12/2014	0.40	0.06	0.40
	27	30/12/2014	0.42	0.05	0.40
ene-15	28	06/01/2015	0.37	0.07	0.40
	29	14/01/2015	0.38	0.05	0.40
	30	22/01/2015	0.36	0.06	0.40
	31	27/01/2015	0.38	0.05	0.40
feb-15	32	05/02/2015	0.37	0.06	0.40
	33	12/02/2015	0.36	0.07	0.40
	34	18/02/2015	0.35	0.05	0.40
	35	27/02/2015	0.36	0.07	0.40
mar-15	36	03/03/2015	0.35	0.05	0.40
	37	12/03/2015	0.36	0.06	0.40
	38	17/03/2015	0.32	0.07	0.40
	39	25/03/2015	0.34	0.06	0.40
	40	30/03/2015	0.33	0.05	0.40

abr-15	41	07/04/2015	0.34	0.05	0.40
	42	15/04/2015	0.32	0.07	0.40
	43	21/04/2015	0.34	0.06	0.40
	44	29/04/2015	0.32	0.05	0.40
may-15	45	05/05/2015	0.34	0.07	0.40
	46	14/05/2015	0.34	0.05	0.40
	47	20/05/2015	0.35	0.06	0.40
	48	29/05/2015	0.35	0.05	0.40
jun-15	49	04/06/2015	0.37	0.06	0.40
	50	12/06/2015	0.39	0.05	0.40
	51	17/06/2015	0.42	0.05	0.40
	52	26/06/2015	0.42	0.06	0.40

Gráfico 6. Manganeso inicial y final de los 52 ensayos realizados.

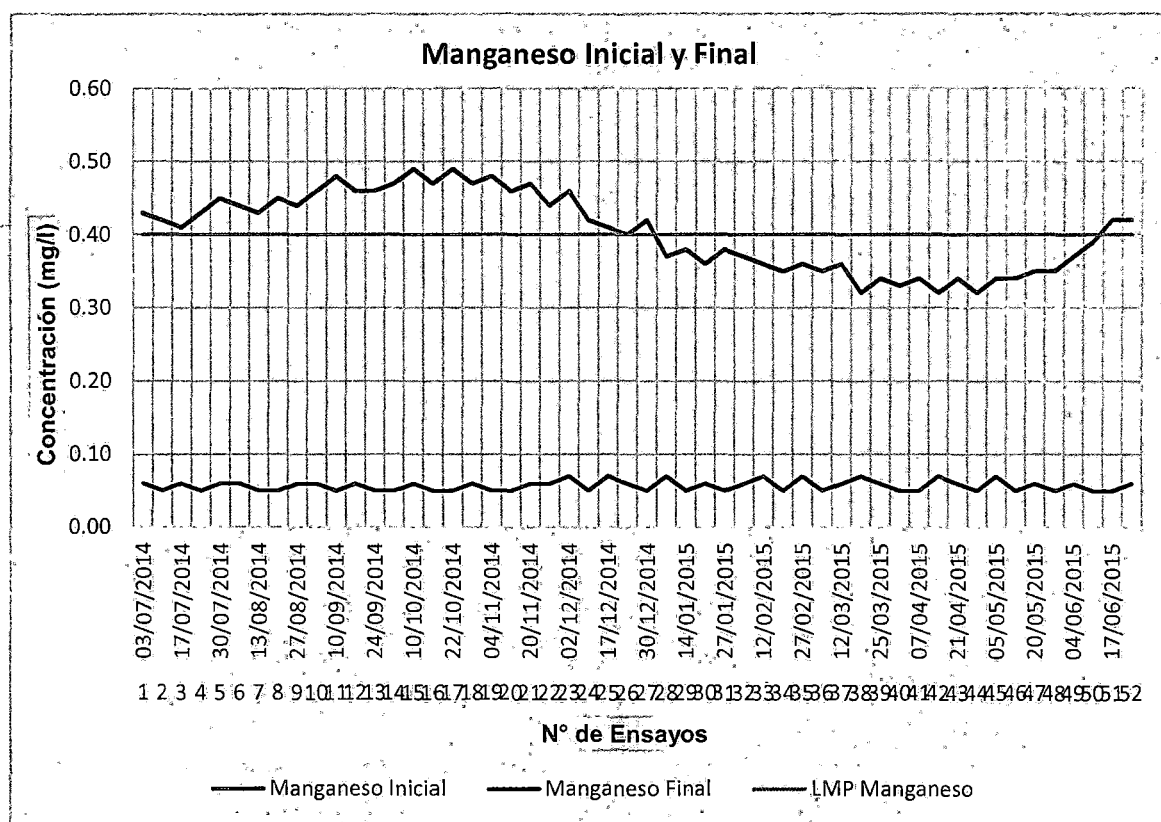


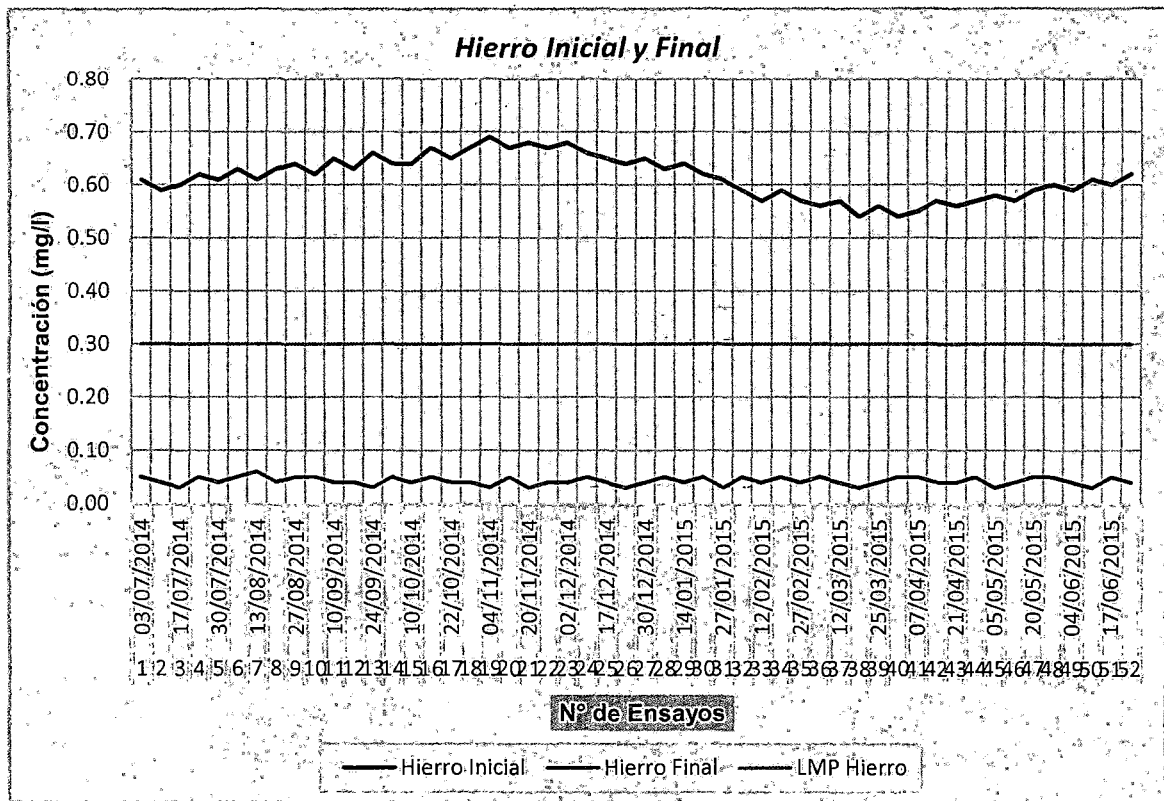
Tabla 69. Condiciones iniciales y finales del Hierro de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras.

Meses	N° de Ensayo	Fecha	Hierro Inicial (mg/l)	Hierro Final (mg/l)	LMP (mg/l)
jul-14	1	03/07/2014	0.61	0.05	0.30
	2	09/07/2014	0.59	0.04	0.30

	3	17/07/2014	0.60	0.03	0.30
	4	22/07/2014	0.62	0.05	0.30
	5	30/07/2014	0.61	0.04	0.30
ago-14	6	05/08/2014	0.63	0.05	0.30
	7	13/08/2014	0.61	0.06	0.30
	8	22/08/2014	0.63	0.04	0.30
	9	27/08/2014	0.64	0.05	0.30
sep-14	10	02/09/2014	0.62	0.05	0.30
	11	10/09/2014	0.65	0.04	0.30
	12	19/09/2014	0.63	0.04	0.30
	13	24/09/2014	0.66	0.03	0.30
oct-14	14	02/10/2014	0.64	0.05	0.30
	15	10/10/2014	0.64	0.04	0.30
	16	16/10/2014	0.67	0.05	0.30
	17	22/10/2014	0.65	0.04	0.30
	18	29/10/2014	0.67	0.04	0.30
nov-14	19	04/11/2014	0.69	0.03	0.30
	20	10/11/2014	0.67	0.05	0.30
	21	20/11/2014	0.68	0.03	0.30
	22	26/11/2014	0.67	0.04	0.30
dic-14	23	02/12/2014	0.68	0.04	0.30
	24	11/12/2014	0.66	0.05	0.30
	25	17/12/2014	0.65	0.04	0.30
	26	26/12/2014	0.64	0.03	0.30
	27	30/12/2014	0.65	0.04	0.30
ene-15	28	06/01/2015	0.63	0.05	0.30
	29	14/01/2015	0.64	0.04	0.30
	30	22/01/2015	0.62	0.05	0.30
	31	27/01/2015	0.61	0.03	0.30
feb-15	32	05/02/2015	0.59	0.05	0.30
	33	12/02/2015	0.57	0.04	0.30
	34	18/02/2015	0.59	0.05	0.30
	35	27/02/2015	0.57	0.04	0.30
mar-15	36	03/03/2015	0.56	0.05	0.30
	37	12/03/2015	0.57	0.04	0.30
	38	17/03/2015	0.54	0.03	0.30
	39	25/03/2015	0.56	0.04	0.30
	40	30/03/2015	0.54	0.05	0.30
abr-15	41	07/04/2015	0.55	0.05	0.30
	42	15/04/2015	0.57	0.04	0.30
	43	21/04/2015	0.56	0.04	0.30
	44	29/04/2015	0.57	0.05	0.30
may-15	45	05/05/2015	0.58	0.03	0.30
	46	14/05/2015	0.57	0.04	0.30

	47	20/05/2015	0.59	0.05	0.30
	48	29/05/2015	0.60	0.05	0.30
jun-15	49	04/06/2015	0.59	0.04	0.30
	50	12/06/2015	0.61	0.03	0.30
	51	17/06/2015	0.60	0.05	0.30
	52	26/06/2015	0.62	0.04	0.30

Gráfico 7. Hierro inicial y final de los 52 ensayos realizados.



5.1.4. Porcentajes de remoción de los parámetros físico-químicos con los insumos utilizados en el test de jarras.

A continuación se encuentran los porcentajes de remoción de las mejores dosis aplicadas donde los parámetros como la turbiedad, aluminio, manganeso y hierro se encuentran dentro del rango permisible, mediante la aplicación de los insumos como el hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio este último como coagulante, en el test de jarras.

5.1.4.1. Remoción de la Turbiedad.

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Turbiedad} = \frac{\text{Turbiedad Inicial} - \text{Turbiedad Final}}{\text{Turbiedad Inicial}} * 100$$

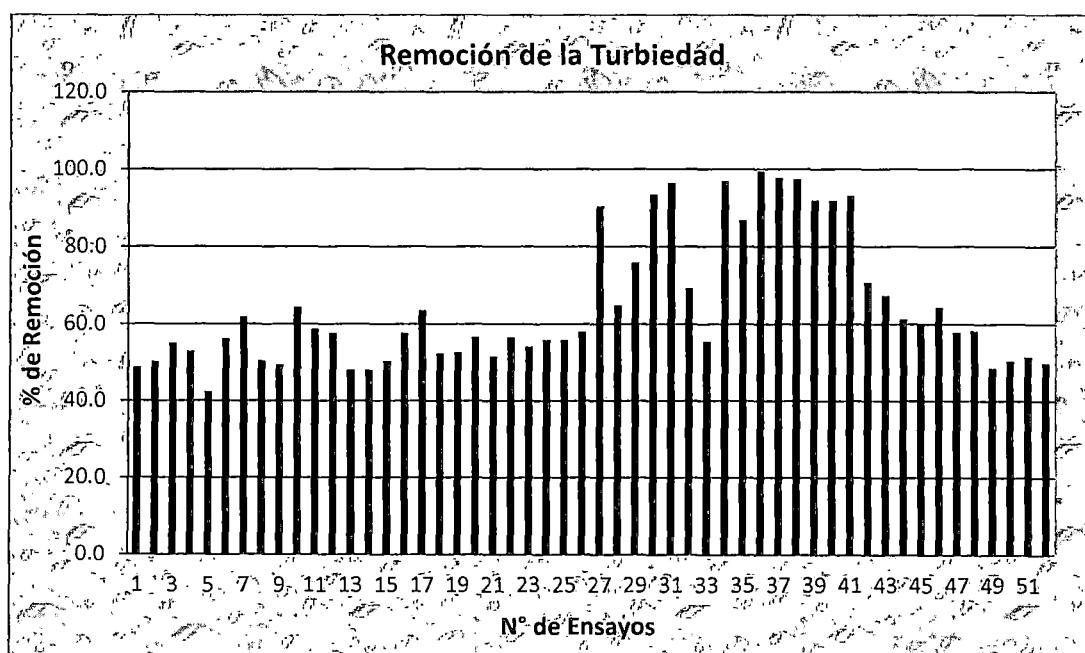
Tabla 70. Porcentaje de remoción de Turbiedad.

N° de Ensayo	Turbiedad Inicial (NTU)	Turbiedad Final (NTU)	% de Remoción
1	3.16	1.62	48.7
2	2.47	1.23	50.2
3	3.85	1.73	55.1
4	3.27	1.54	52.9
5	2.83	1.63	42.4
6	4.25	1.86	56.2
7	3.56	1.36	61.8
8	2.64	1.31	50.4
9	3.32	1.68	49.4
10	3.77	1.34	64.5
11	2.95	1.22	58.6
12	4.08	1.73	57.6
13	3.39	1.76	48.1
14	2.60	1.35	48.1
15	3.45	1.71	50.4
16	3.62	1.53	57.7
17	5.34	1.95	63.5
18	2.81	1.34	52.3
19	3.36	1.59	52.7
20	2.93	1.27	56.7
21	2.58	1.25	51.6
22	3.84	1.67	56.5
23	3.53	1.62	54.1
24	2.72	1.20	55.9
25	3.69	1.63	55.8
26	4.12	1.73	58.0
27	23.5	2.25	90.4
28	4.47	1.57	64.9
29	6.82	1.65	75.8
30	34.5	2.27	93.4
31	67.6	2.43	96.4
32	4.78	1.47	69.2
33	3.21	1.43	55.5

34	85.3	2.57	97.0
35	13.6	1.79	86.8
36	623	2.87	99.5
37	125	2.78	97.8
38	93.4	2.45	97.4
39	28.4	2.27	92.0
40	27.3	2.19	92.0
41	31.8	2.16	93.2
42	5.46	1.59	70.9
43	4.62	1.51	67.3
44	3.54	1.37	61.3
45	3.17	1.26	60.3
46	3.67	1.31	64.3
47	2.78	1.17	57.9
48	2.92	1.22	58.2
49	2.43	1.25	48.6
50	2.56	1.27	50.4
51	2.25	1.09	51.6
52	2.37	1.19	49.8

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción de la turbiedad de cada ensayo realizado donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas con los diferentes insumos utilizados.

Gráfica 8. Porcentaje de remoción de la turbiedad.



5.1.4.2. Remoción del Aluminio.

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Aluminio} = \frac{\text{Aluminio Inicial} - \text{Aluminio Final}}{\text{Aluminio Inicial}} * 100$$

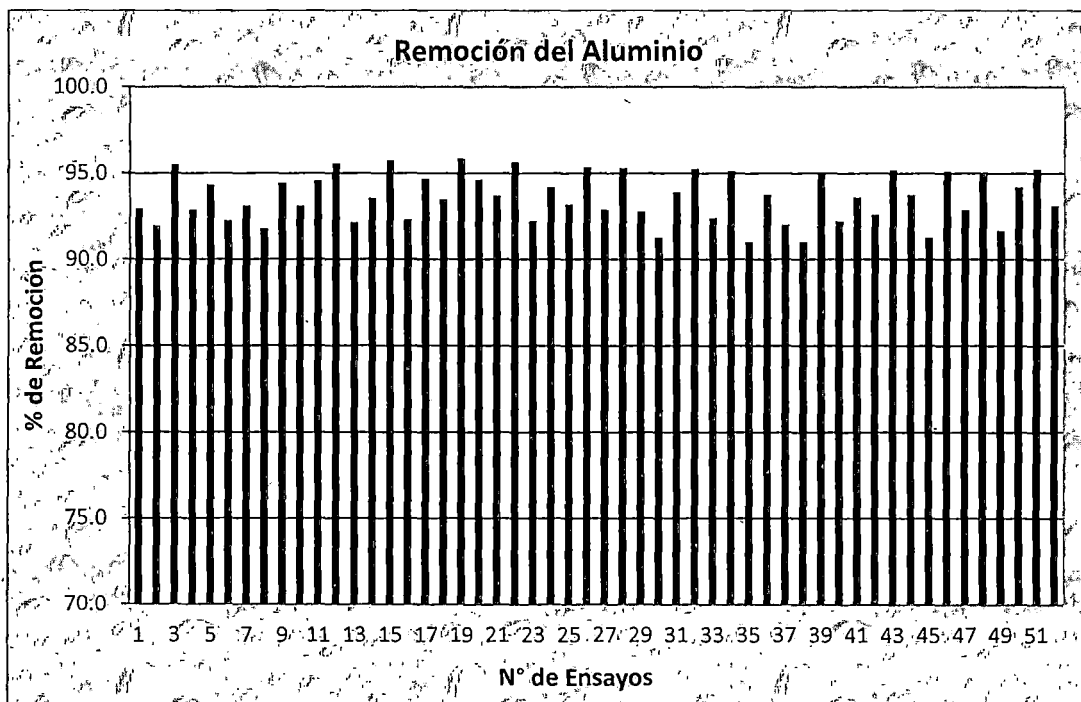
Tabla 71. Porcentaje de remoción del Aluminio.

N° de Ensayo	Aluminio Inicial (mg/l)	Aluminio Final (mg/l)	% de Remoción
1	0.85	0.06	92.9
2	0.87	0.07	92.0
3	0.89	0.04	95.5
4	0.84	0.06	92.9
5	0.88	0.05	94.3
6	0.90	0.07	92.2
7	0.87	0.06	93.1
8	0.85	0.07	91.8
9	0.90	0.05	94.4
10	0.87	0.06	93.1
11	0.92	0.05	94.6
12	0.90	0.04	95.6
13	0.89	0.07	92.1
14	0.93	0.06	93.5
15	0.94	0.04	95.7
16	0.91	0.07	92.3
17	0.94	0.05	94.7
18	0.92	0.06	93.5
19	0.96	0.04	95.8
20	0.93	0.05	94.6
21	0.95	0.06	93.7
22	0.92	0.04	95.7
23	0.90	0.07	92.2
24	0.86	0.05	94.2
25	0.88	0.06	93.2
26	0.86	0.04	95.3
27	0.84	0.06	92.9
28	0.85	0.04	95.3
29	0.83	0.06	92.8
30	0.80	0.07	91.3
31	0.82	0.05	93.9
32	0.84	0.04	95.2
33	0.79	0.06	92.4
34	0.82	0.04	95.1

35	0.78	0.07	91.0
36	0.80	0.05	93.8
37	0.75	0.06	92.0
38	0.78	0.07	91.0
39	0.80	0.04	95.0
40	0.77	0.06	92.2
41	0.78	0.05	93.6
42	0.81	0.06	92.6
43	0.83	0.04	95.2
44	0.80	0.05	93.8
45	0.80	0.07	91.3
46	0.82	0.04	95.1
47	0.84	0.06	92.9
48	0.81	0.04	95.1
49	0.84	0.07	91.7
50	0.86	0.05	94.2
51	0.84	0.04	95.2
52	0.87	0.06	93.1

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del aluminio de cada ensayo realizado donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas con los diferentes insumos utilizados.

Gráfica 9. Porcentaje de remoción del Aluminio.



5.1.4.3. Remoción del Manganeso

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Manganeso} = \frac{\text{Manganeso Inicial} - \text{Manganeso Final}}{\text{Manganeso Inicial}} * 100$$

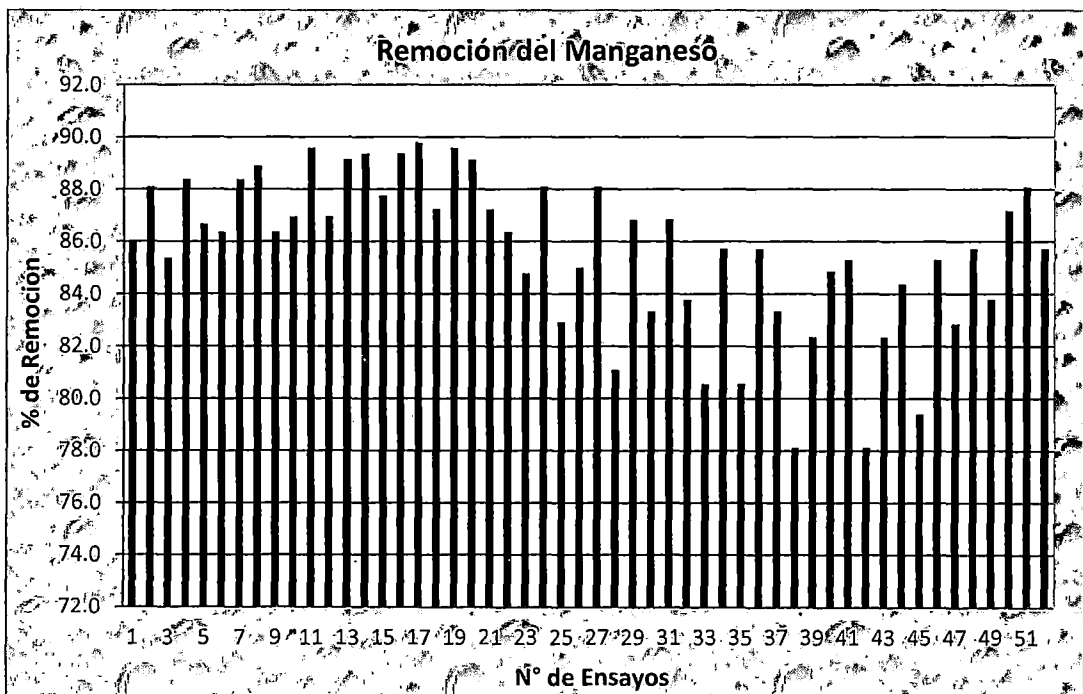
Tabla 72. Porcentaje de remoción del Manganeso.

N° de Ensayo	Manganeso Inicial (mg/l)	Manganeso Final (mg/l)	% de Remoción
1	0.43	0.06	86.0
2	0.42	0.05	88.1
3	0.41	0.06	85.4
4	0.43	0.05	88.4
5	0.45	0.06	86.7
6	0.44	0.06	86.4
7	0.43	0.05	88.4
8	0.45	0.05	88.9
9	0.44	0.06	86.4
10	0.46	0.06	87.0
11	0.48	0.05	89.6
12	0.46	0.06	87.0
13	0.46	0.05	89.1
14	0.47	0.05	89.4
15	0.49	0.06	87.8
16	0.47	0.05	89.4
17	0.49	0.05	89.8
18	0.47	0.06	87.2
19	0.48	0.05	89.6
20	0.46	0.05	89.1
21	0.47	0.06	87.2
22	0.44	0.06	86.4
23	0.46	0.07	84.8
24	0.42	0.05	88.1
25	0.41	0.07	82.9
26	0.40	0.06	85.0
27	0.42	0.05	88.1
28	0.37	0.07	81.1
29	0.38	0.05	86.8
30	0.36	0.06	83.3
31	0.38	0.05	86.8
32	0.37	0.06	83.8
33	0.36	0.07	80.6
34	0.35	0.05	85.7

35	0.36	0.07	80.6
36	0.35	0.05	85.7
37	0.36	0.06	83.3
38	0.32	0.07	78.1
39	0.34	0.06	82.4
40	0.33	0.05	84.8
41	0.34	0.05	85.3
42	0.32	0.07	78.1
43	0.34	0.06	82.4
44	0.32	0.05	84.4
45	0.34	0.07	79.4
46	0.34	0.05	85.3
47	0.35	0.06	82.9
48	0.35	0.05	85.7
49	0.37	0.06	83.8
50	0.39	0.05	87.2
51	0.42	0.05	88.1
52	0.42	0.06	85.7

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del manganeso de cada ensayo realizado donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas con los diferentes insumos utilizados.

Gráfica 10. Porcentaje de remoción del Manganeso.



5.1.4.4. Remoción del Hierro

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Hierro} = \frac{\text{Hierro Inicial} - \text{Hierro Final}}{\text{Hierro Inicial}} * 100$$

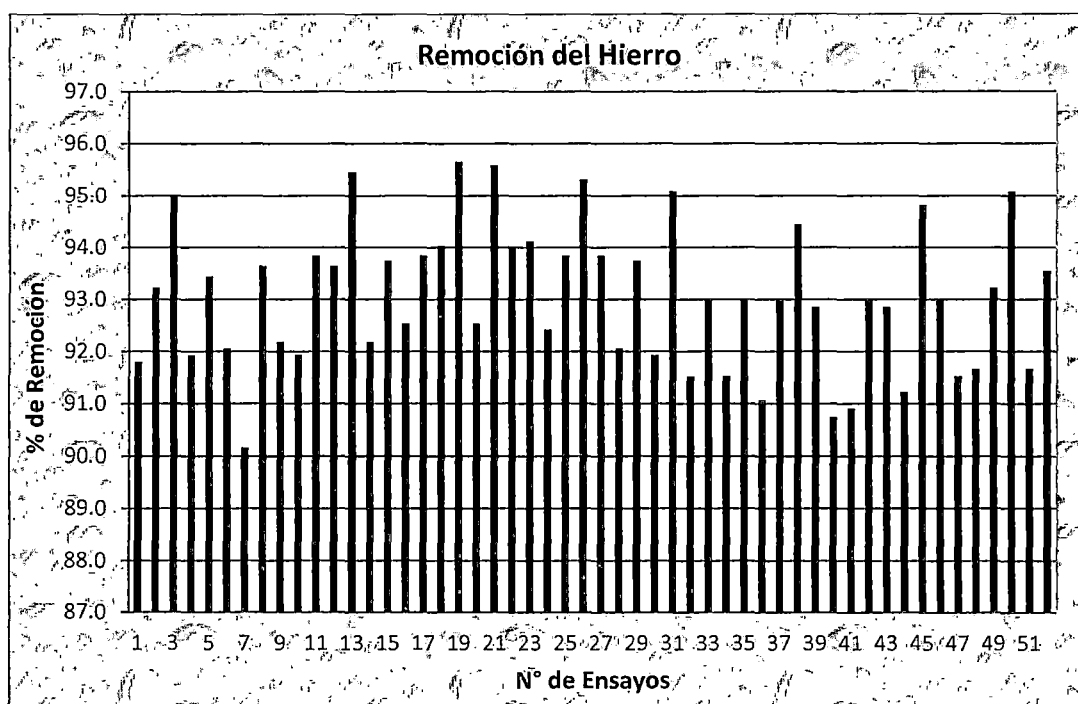
Tabla 73. Porcentaje de remoción del Hierro.

N° de Ensayo	Hierro Inicial (mg/)	Hierro Final (mg/)	% de Remoción
1	0.61	0.05	91.8
2	0.59	0.04	93.2
3	0.60	0.03	95.0
4	0.62	0.05	91.9
5	0.61	0.04	93.4
6	0.63	0.05	92.1
7	0.61	0.06	90.2
8	0.63	0.04	93.7
9	0.64	0.05	92.2
10	0.62	0.05	91.9
11	0.65	0.04	93.8
12	0.63	0.04	93.7
13	0.66	0.03	95.5
14	0.64	0.05	92.2
15	0.64	0.04	93.8
16	0.67	0.05	92.5
17	0.65	0.04	93.8
18	0.67	0.04	94.0
19	0.69	0.03	95.7
20	0.67	0.05	92.5
21	0.68	0.03	95.6
22	0.67	0.04	94.0
23	0.68	0.04	94.1
24	0.66	0.05	92.4
25	0.65	0.04	93.8
26	0.64	0.03	95.3
27	0.65	0.04	93.8
28	0.63	0.05	92.1
29	0.64	0.04	93.8
30	0.62	0.05	91.9
31	0.61	0.03	95.1
32	0.59	0.05	91.5
33	0.57	0.04	93.0

34	0.59	0.05	91.5
35	0.57	0.04	93.0
36	0.56	0.05	91.1
37	0.57	0.04	93.0
38	0.54	0.03	94.4
39	0.56	0.04	92.9
40	0.54	0.05	90.7
41	0.55	0.05	90.9
42	0.57	0.04	93.0
43	0.56	0.04	92.9
44	0.57	0.05	91.2
45	0.58	0.03	94.8
46	0.57	0.04	93.0
47	0.59	0.05	91.5
48	0.60	0.05	91.7
49	0.59	0.04	93.2
50	0.61	0.03	95.1
51	0.60	0.05	91.7
52	0.62	0.04	93.5

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del hierro de cada ensayo realizado donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas con los diferentes insumos utilizados.

Gráfica 11. Porcentaje de remoción del Hierro.



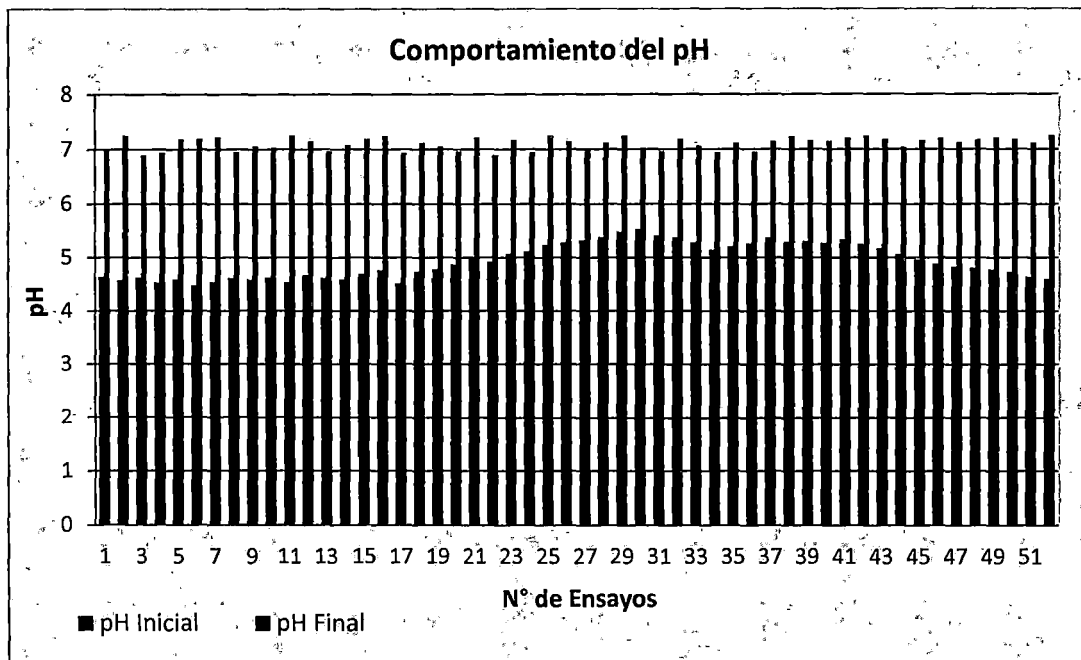
5.1.5. Comportamiento del pH con los insumos utilizados en el test de Jarras.

A continuación se puede observar el comportamiento que tiene el pH antes y después del test de jarras, con los insumos utilizados como: hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en cada uno de los 52 ensayos realizados, donde se obtuvieron las mejores dosis.

Tabla 74. Comportamiento del pH en los análisis realizados.

N° de Ensayo	pH Inicial	pH Final	N° de Ensayo	pH Inicial	pH Final
1	4.63	6.98	27	5.32	6.98
2	4.57	7.25	28	5.38	7.12
3	4.62	6.90	29	5.48	7.25
4	4.53	6.93	30	5.53	7.02
5	4.59	7.19	31	5.41	6.97
6	4.48	7.19	32	5.38	7.19
7	4.54	7.22	33	5.27	7.06
8	4.61	6.95	34	5.14	6.94
9	4.58	7.06	35	5.21	7.11
10	4.62	7.03	36	5.26	6.95
11	4.53	7.26	37	5.37	7.14
12	4.67	7.15	38	5.29	7.23
13	4.61	6.97	39	5.30	7.16
14	4.59	7.08	40	5.27	7.15
15	4.69	7.18	41	5.34	7.20
16	4.76	7.24	42	5.25	7.25
17	4.51	6.93	43	5.17	7.18
18	4.74	7.12	44	5.06	7.04
19	4.78	7.05	45	4.97	7.16
20	4.87	6.97	46	4.88	7.20
21	5.01	7.21	47	4.83	7.13
22	4.92	6.89	48	4.81	7.17
23	5.07	7.17	49	4.78	7.21
24	5.11	6.94	50	4.73	7.18
25	5.23	7.25	51	4.64	7.12
26	5.28	7.14	52	4.60	7.25

Gráfica 12. Comportamiento del pH en los análisis realizados en la Prueba de Jarras.



5.2. Planta piloto experimental de Bellavista.

Para determinar las condiciones hidráulicas de la Planta Piloto de Bellavista, primero se determinó el tiempo de disolución del hidróxido de calcio, que fue de 70 minutos, este tiempo se determinó con el ensayo de la prueba de jarras y que fue utilizado para la unidad de alcalinización; segundo se determinó el tiempo de oxidación de los metales con el hipoclorito de calcio, que fue de 90 minutos, este tiempo se determinó con el ensayo de la prueba de jarras y que fue utilizado para la unidad de oxidación, tercero se realizaron las mediciones del tiempo de retención del decantador pulsator tanto de la planta N° 01 y de la planta N° 02, a través de trazadores utilizando cloruro de sodio (sal de mesa) y así obtener el tiempo equivalente para nuestro tratamiento (pre-decantador y decantador) en el sistema piloto de Bellavista.

Este sistema de medición de tiempo consistió en aplicar trazadores (cloruro de sodio) a dichas unidades, en este caso se aplicó una concentración C en la entrada del decantador pulsator, en un punto en que se mezclaron instantáneamente con la masa de agua que se desea analizar.

En la dosis instantánea la concentración C que se escoja debe ser tal que se pueda determinar con facilidad en el agua, por medio del siguiente criterio:

$$P = \frac{V * C * K}{1000 * I}$$

Donde:

P = peso del trazador a añadir a la unidad (kg)

V = volumen útil de la unidad (m^3)

C = concentración de la sustancia trazador (gr/m^3); se considera entre 30 - 50 gr/m

K = factor de corrección (1.65)

I = grado de pureza del trazador (0.9)

5.2.1. Materiales utilizados en la prueba de trazadores

- Trazador (cloruro de sodio)
- Aparato para determinar (conductivímetro)
- Vasos para la toma de muestra
- Depósito con una capacidad de 100 litros
- Dos tomadores de muestras a profundidad
- Cronómetro

5.2.2. Metodología para la prueba de trazadores en las plantas

5.2.2.1. Método de trazadores en la planta N° 01

Calculamos la cantidad de sal que utilizaremos:

$$V = 11.40 \times 6.20 \times 3.80 = 268.58 \text{ m}^3$$

La sustancia trazador que se utilizó es Cloruro de sodio (sal común)

$$P = \frac{268.58 * 30 * 1.65}{1000 * 0.9}$$

$$P = 14.77 \text{ kg} \approx 15 \text{ kg.}$$

Se pesó 15 kg de cloruro de sodio (sal de mesa), se llenó a un bidón de 100 litros con agua y se batió con una paleta hasta diluir toda la sal hasta convertirlo en solución, todo esta solución, se vertió en el ingreso de la planta N° 01, en un tiempo de cero minutos. A partir de este momento se empieza a medir la conductividad del agua con el conductivímetro, registrando cada minuto, hasta la máxima lectura.

A continuación se encuentran los datos experimentales realizados con trazadores en el decantador pulsator de la planta de Bellavista N° 01.

Tabla N° 75. Comportamiento de la Conductividad con respecto al tiempo, en el decantador pulsator de la Planta de Bellavista N° 01.

Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
1	54.2
2	55.4
3	54.8
4	55.3
5	56.2
6	54.7
7	55.8
8	54.5
9	55.2
10	53.9
11	56.1
12	55.4
13	56.3
14	55.8
15	54.4
16	56.2
17	55.7
18	55.0
19	54.8
20	53.6
21	53.4
22	56.3
23	55.2
24	54.8
25	56.2
26	54.6
27	55.5

Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
31	58.7
32	60.9
33	65.1
34	66.8
35	72.9
36	78.1
37	81.7
38	90.2
39	95.3
40	98.5
41	105.6
42	112.8
43	113.9
44	119.5
45	120.3
46	122.6
47	123.8
48	125.7
49	128.4
50	129.2
51	130.6
52	130.5
53	131.7
54	130.8
55	130.1
56	129.8
57	127.7

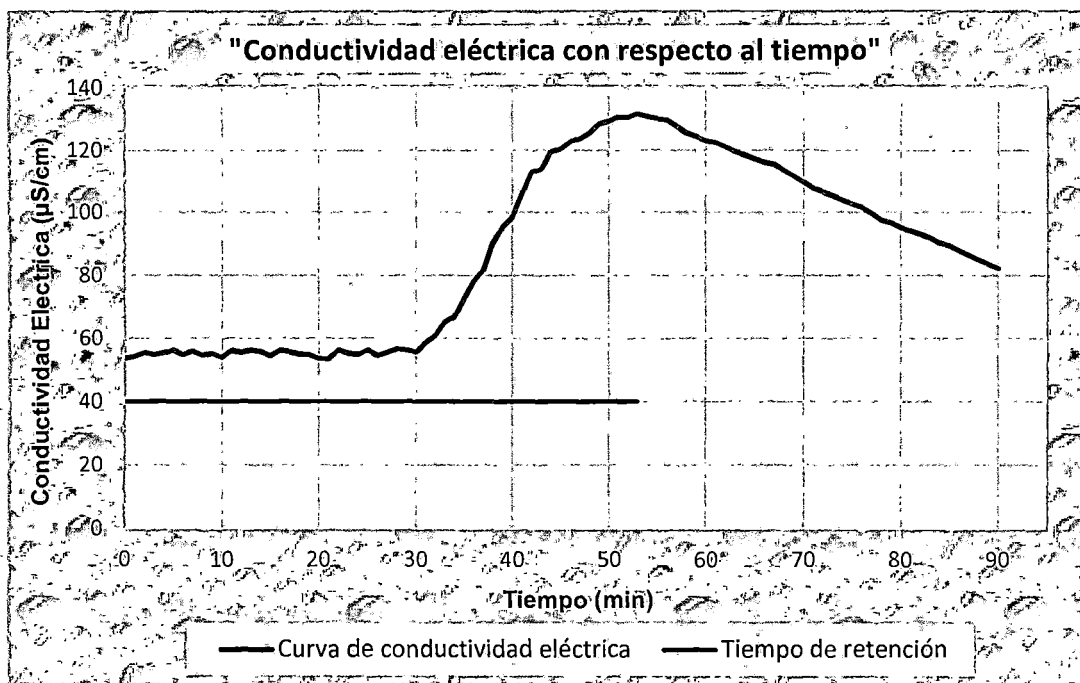
Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
61	122.6
62	121.1
63	119.5
64	118.6
65	117.3
66	116.2
67	115.6
68	113.8
69	111.7
70	109.6
71	107.4
72	106.3
73	105.2
74	103.9
75	102.6
76	101.5
77	99.7
78	97.5
79	96.6
80	95.0
81	94.2
82	93.1
83	91.8
84	90.2
85	89.5
86	87.9
87	86.3

28	56.7
29	56.2
30	55.7

58	125.6
59	124.5
60	123.2

88	84.8
89	83.6
90	82.3

Gráfica 13. Tiempo de retención del decantador pulsator.
Planta de Bellavista N° 01.



5.2.2.2. Método de trazadores para la planta N° 02

Calculamos la cantidad de sal que utilizaremos:

$$V = 14.30 \times 11.00 \times 4.28 = 673.24 \text{ m}^3$$

La sustancia trazador que se utilizó es Cloruro de sodio (sal común)

$$P = \frac{673.24 \times 30 \times 1.65}{1000 \times 0.9}$$

$$P = 37.03 \text{ kg} \approx 37 \text{ kg.}$$

Se pesó 37 kg de cloruro de sodio (sal de mesa), se llenó a un bidón de 100 litros con agua y se batió con una paleta hasta diluir toda la sal hasta convertirlo en solución, todo esta solución, se vertió en el ingreso de la planta N° 02, en un tiempo de cero minutos. A partir de este momento se empieza a medir la

conductividad del agua con el conductímetro, registrando cada minuto, hasta la máxima lectura.

A continuación se encuentran los datos experimentales realizados con trazadores en el decantador pulsator de la planta de Bellavista N° 02.

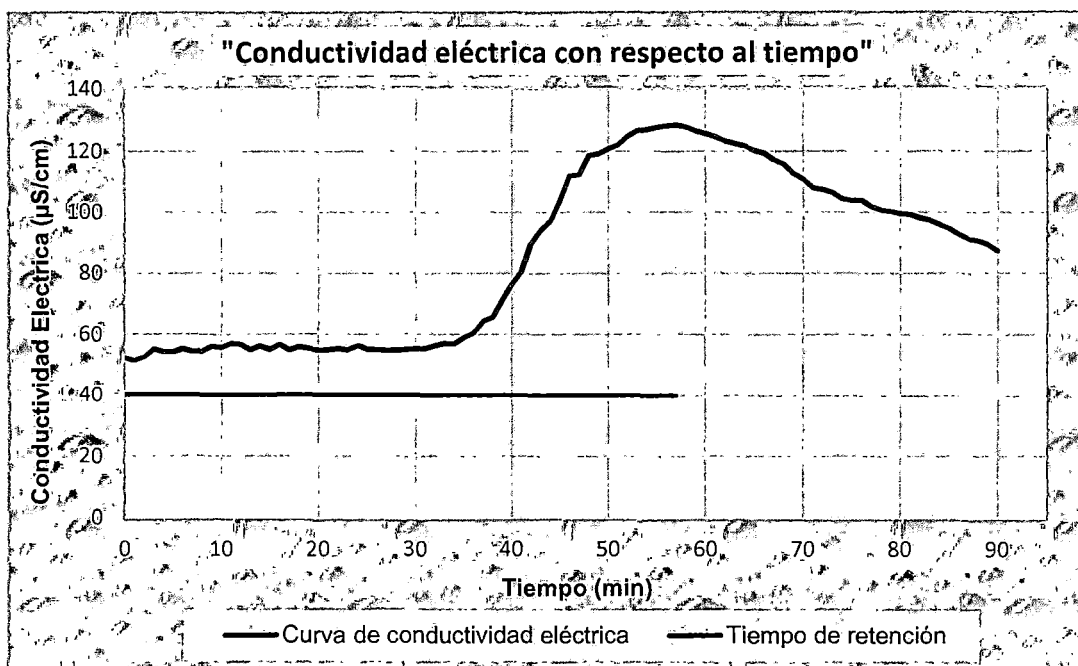
Tabla N° 76. Comportamiento de la Conductividad con respecto al tiempo, en el decantador pulsator de la Planta de Bellavista N° 02.

Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	51.4
2	52.6
3	55.2
4	54.4
5	54.3
6	55.3
7	54.5
8	54.6
9	56.2
10	55.8
11	57.0
12	56.7
13	55.0
14	56.2
15	55.1
16	56.7
17	54.9
18	56.0
19	55.4
20	54.9
21	55.0
22	55.4
23	54.9
24	56.3
25	55.1
26	55.0
27	54.8
28	54.9
29	55.0
30	55.2

Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
31	55.5
32	56.3
33	57.0
34	56.8
35	58.9
36	60.5
37	64.3
38	65.6
39	71.3
40	76.3
41	80.5
42	89.7
43	94.0
44	97.1
45	104.0
46	111.9
47	112.4
48	118.6
49	119.1
50	120.7
51	122.0
52	122.8
53	122.3
54	122.2
55	121.7
56	121.2
57	121.4
58	121.1
59	119.9
60	119.8

Tiempo (min)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
61	118.3
62	117.4
63	115.3
64	114.0
65	114.1
66	112.0
67	112.1
68	111.0
69	109.4
70	108.4
71	107.2
72	107.4
73	106.5
74	104.4
75	103.8
76	104.0
77	101.8
78	100.7
79	100.2
80	99.5
81	99.3
82	98.2
83	97.4
84	96.1
85	94.8
86	92.8
87	91.3
88	90.6
89	89.5
90	87.4

Gráfica 14. Tiempo de retención del decantador pulsator.
Planta de Bellavista N° 02.



5.2.3. Cálculo teórico del tiempo de retención de los decantadores de la planta de Bellavista.

$$T_R = \frac{V * 1000}{Q * 60}$$

Donde:

T_R = Tiempo de retención (min)

Q = Caudal (l/s)

V = Volumen de la unidad (m^3)

5.2.3.1. Planta de tratamiento N° 01

Datos:

$$Q = 60 \text{ l/s}$$

$$V = 268,58 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores se tienen:

$$T_R = \frac{268,58 \text{ m}^3 * 1000}{60 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 74,60 \text{ min.}$$

5.2.3.2. Planta de tratamiento N° 02

Datos:

$$Q = 110 \text{ l/s}$$

$$V = 673,24 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores se tienen:

$$T_R = \frac{673,24 \text{ m}^3 * 1000}{110 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 102 \text{ min.}$$

5.2.4. Cálculo teórico de la tasa de filtración de los filtros de la planta de Bellavista.

*Tasa de filtración de los filtros rápidos: 80 a 300 m³/m² * día*

5.2.4.1. Planta de tratamiento N° 01

Datos:

$$Q = 60 \text{ l/s}$$

$$A = 2,44 * 4,34 = 10,59 \text{ m}^2$$

Caudal por filtro (q)

$$q = 15 \text{ l/s}$$

Caudal de filtración por m² (q_m)

$$q_m = 1,42 \text{ l/s}$$

Tasa de filtración del filtro (T_f)

$$T_f = 122,38 \text{ m}^3/\text{m}^2 * d$$

5.2.4.2. Planta de tratamiento N° 02

Datos:

$$Q = 110 \text{ l/s}$$

$$A = 2,44 * 7,78 = 18,01 \text{ m}^2$$

Caudal por filtro (q)

$$q = 24 \text{ l/s}$$

Caudal de filtración por m^2 (q_m)

$$q_m = 1,22 \text{ l/s}$$

Tasa de filtración del filtro (T_f)

$$T_f = 105,56 \text{ m}^3/\text{m}^2 * d$$

5.2.5. Cálculo de las diferentes unidades de la planta piloto experimental de Bellavista.

Para el cálculo de las diferentes unidades de tratamiento de la planta piloto, se han utilizado cilindros de plástico de 200 litros de capacidad, las alturas de entrada y salida de cada unidad se han determinado, según los tiempos de retención calculados en la prueba de jarras.

Datos:

$$Q = 30 \text{ ml/s} \approx 0.03 \text{ l/s}$$

$$V_c = 200 \text{ l}$$

Donde:

Q = Caudal

V = Volumen del cilindro

H = Altura

D = Diámetro

V_C = Volumen máximo del cilindro

5.2.5.1. Unidad de Alcalinización

$$H = 0,55 \text{ m.}$$

$$D = 0,54 \text{ m.}$$

$$T_R = 70 \text{ min.}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.54)^2}{4} = 0,229 \text{ m}^2$$

$$V = 0,229 * 0,55 = 0,126 \text{ m}^3$$

$$T_R = \frac{0,126 \text{ m}^3 * 1000}{0.03 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 70 \text{ min.}$$

5.2.5.2. Unidad de Oxidación

$$H = 0,67 \text{ m.}$$

$$D = 0,55 \text{ m.}$$

$$T_R = 90 \text{ min.}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.55)^2}{4} = 0,238 \text{ m}^2$$

$$V = 0,238 * 0,67 = 0,159 \text{ m}^3$$

$$T_R = \frac{0,159 \text{ m}^3 * 1000}{0.03 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 88,33 \text{ min.}$$

5.2.5.3. Unidad de Pre-decantación

$$H = 0,82 \text{ m.}$$

$$D = 0,55 \text{ m.}$$

$$TR = 120 \text{ min.}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.55)^2}{4} = 0,238 \text{ m}^2$$

$$V = 0,238 * 0,82 = 0,195 \text{ m}^3$$

$$T_R = \frac{0,195 \text{ m}^3 * 1000}{0.03 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 108,33 \text{ min.}$$

5.2.5.4. Unidad de Decantación

$$H = 0,70 \text{ m.}$$

$$D = 0,55 \text{ m.}$$

$$T_R = 90 \text{ min.}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.55)^2}{4} = 0,238 \text{ m}^2$$

$$V = 0,238 * 0,70 = 0,167 \text{ m}^3$$

$$T_R = \frac{0,167 \text{ m}^3 * 1000}{0.03 \text{ l/s} * 60}$$

$$T_R = 92,78 \text{ min.}$$

5.2.5.5. Unidad de Filtración

Datos:

$$Q = 30 \text{ m l/s} \approx 0,03 \text{ l/s}$$

$$D = 0.17 \text{ m}$$

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

Caudal por filtro (q), como es un solo filtro:

$$q = 0,03 \text{ l/s}$$

Caudal de filtración por m^2 (q_m)

$$q_m = 1,32 \text{ l/s}$$

Tasa de filtración del filtro (T_f)

$$T_f = 114,20 \text{ m}^3/\text{m}^2 * d \dots \dots \text{OK!} \dots \dots \text{está dentro de los filtros rápidos.}$$

Nota: Para el medio filtrante se utilizó grava de 1/8" de diámetro de 5 cm de altura sobre una tobera de los usados en los medios filtrantes de la misma planta de Bellavista y 80 cm de arena cuarzosa de 0,65 mm de diámetro.

5.2.6. Procedimiento experimental

En la planta de Bellavista se construyeron las diferentes unidades de tratamiento de la planta piloto (alcalinización, oxidación, pre-decantador, decantador y filtros), con los tiempos de retención determinados en el test de jarras. Los ensamblajes se realizaron con bidones de plástico de 200 litros de capacidad, válvulas de compuertas de 1/2" - 3/4" PVC, Tuberías de 1/2" PVC, codos 1/2" - 3/4" PVC, tees de 1/2" PVC, reducciones de 3/4" a 1/2" PVC, uniones universales 1/2" PVC, tapones 1/2" - 8" PVC, embudos grandes de plástico, arena

para filtro de 0.65 mm de diámetro la misma que se utiliza en los filtros de la planta de Bellavista.

El funcionamiento consiste en captar agua cruda del río Auqui en el sector de Coyllur, donde existe una captación y un desarenador en estado regular, desde allí se conduce la cantidad necesaria de agua, a través de una tubería de 14", hasta la caja disipadora de la planta de tratamiento de Bellavista, de dicha caja se toma una derivación con una tubería de ½" PVC, hasta las diferentes unidades de tratamiento de la planta piloto experimental de Bellavista.

Al ingreso de la unidad de corrección de pH, se aplica la solución de cal al 0.5% (**mezcla rápida 1**), una vez mezclada el agua ingresa por la parte inferior a través de una tubería agujereada invertida de ½", para una distribución uniforme en toda el área de la unidad, desde ahí asciende a la parte superior con un tiempo de retención de 70 minutos (**mezcla lenta 1**), en la parte superior del bidón es recolectado a través de una tubería agujereada de ½", para después pasar a la siguiente *unidad (oxidación)*.

Al ingreso de la unidad de oxidación, se aplica la solución de hidróxido de calcio al 0.1% (**mezcla rápida 2**), una vez mezclada el agua ingresa por la parte inferior a través de una tubería agujereada invertida de ½", para una distribución uniforme en toda el área de la unidad, desde ahí asciende a la parte superior con un tiempo de retención de 90 minutos (**mezcla lenta 2**), de la misma forma que en el anterior se recolecta en la parte superior del bidón a través de una tubería agujereada de ½", para después pasar a la siguiente unidad (*pre-decantación*).

Al ingreso de la unidad de pre-decantación, se aplica la solución de policloruro de aluminio al 0.5% (**mezcla rápida 3**), el agua coagulada ingresa por la parte inferior a través de una tubería agujereada invertida de ½", para una distribución uniforme en toda el área de la unidad, desde ahí asciende a la parte superior con un tiempo de retención de 110 minutos, los primeros 55 minutos actúa como floculador (**mezcla 3**) y los 55 minutos restantes actúa como pre-decantador, donde los flocs formados ingresan al embudo instalado, a la mitad de la altura del bidón controlado por una válvula para evacuar el lodo pre-decantado en esta unidad, el agua pre-decantada se recolecta en la parte superior

del bidón a través de una tubería agujereada de ½”, para después pasar a la siguiente unidad (*decantación*).

A la unidad de decantación, el agua ingresa por la parte inferior a través de una tubería agujereada invertida de ½”, para una distribución uniforme en toda el área de la unidad, desde ahí asciende a la parte superior con un tiempo de retención de 90 minutos, en los primeros 45 minutos sigue floculando de lo poco que ha quedado y los 45 minutos restantes actúa como decantador donde los flocs restantes ingresan al embudo instalado, a la mitad de la altura del bidón controlado por una válvula para evacuar el lodo decantado en esta unidad, el agua decantada se recolecta en la parte superior del bidón a través de una tubería agujereada de ½”, para después pasar a la siguiente unidad (*filtración*).

A la unidad de filtración el agua ingresa por la parte superior controlado por una válvula, donde atraviesa una capa de material filtrante de 80 cm de altura (arena cuarzosa de 0.65 mm de diámetro), con una tasa de filtración de 114 m³/m²*día, con similares características a los filtros de la planta de tratamiento de Bellavista que corresponden a un filtro rápido (80 a 300 m³/m²*día); finalmente el producto es un agua de óptima calidad que cumple las especificaciones dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud. El filtro con el trabajo se colmata y para descolmatar se realiza el lavado del filtro en contra corriente con agua a presión, suministrado por el hidroneumática de la planta de tratamiento de Bellavista.

5.2.7. Número de Muestra tomadas y analizadas de la planta piloto experimental

El número de muestras tomadas y analizadas durante el funcionamiento de la planta piloto experimental de Bellavista, fueron de 26 muestras tomadas de la planta experimental y analizada en el laboratorio de la E.P.S. Chavín S.A., desde Diciembre de 2014 hasta Junio de 2015, de 4 a 5 muestras por mes.

Tabla 77. Número de muestras tomadas y analizadas durante los meses de estudio.

Mes/año	N° de Muestras
dic-14	1
ene-15	4
feb-15	4
mar-15	5
abr-15	4
may-15	4
jun-15	4
Total	26

5.2.8. Preparación de los insumos para dosificar en la planta piloto experimental de Bellavista

La preparación de las soluciones se toman en base a la capacidad de la planta piloto experimental, como la producción de agua de la planta de tratamiento N° 01 de Bellavista es de 60 l/s; sólo se toma de 0.5 a 1.0% de la producción de agua, que es de 30 a 60 ml/s de producción en nuestra planta piloto experimental.

Para la solución de cada insumo se utilizaron bidones de 20 litros y el peso de los insumos se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{(gr)} = \frac{C_{(mg/L)} * Vol_{(L)}}{10 * \%}$$

- a) **Solución de Hidróxido de Calcio al 0.5% (5000 mg/l), para la unidad de alcalinización**

$$P_{(gr)} = \frac{5000 * 20}{10 * 100}$$

$$P_{(gr)} = 100 \text{ gr}$$

Se obtiene a partir de la muestra de Hidróxido de Calcio (cal apagada) que se encuentra en los almacenes de la planta; se pesa 100 gr de muestra de Hidróxido de Calcio, en una balanza analítica debidamente calibrada. Se llena en un bidón de 20 litros, y se procede a aumentar agua agitando

vigorosamente hasta disolver. Esta solución se prepara nuevamente cuando se termina.

Densidad del hidróxido de calcio es 2.21 gr/cm³.

b) Solución de Hipoclorito de Calcio al 0.1% (1000 mg/l), para la unidad de oxidación

$$P_{(gr)} = \frac{1000 * 20}{10 * 70}$$

$$P_{(gr)} = 28 \text{ gr}$$

Se obtiene a partir de la muestra de Hipoclorito de Calcio al 65% que se encuentra en los almacenes de la planta; se pesa 28 gr de muestra de Hipoclorito de Calcio, en una balanza analítica debidamente calibrada. Se llena en un bidón de 20 litros, y se procede a aumentar agua, agitando vigorosamente hasta disolver. Esta solución se prepara nuevamente cuando se termina.

Densidad del hipoclorito de calcio es 2.35 gr/cm³.

c) Solución de Hidroxicloruro de aluminio al 0.5% (5000mg/l), para la unidad del pre-decantador

$$P_{(gr)} = \frac{5000 * 20}{10 * 100}$$

$$P_{(gr)} = 100 \text{ gr}$$

En el caso del policloruro de aluminio no se puede pesar, porque es semisólido; por lo tanto vamos a determinar el coagulante en volumen:

Se sabe que:

la densidad del policloruro de aluminio = 1.32 gr/cm³

$$Vol_{(ml)} = \frac{Peso_{(gr)}}{densidad_{(policloruro)}}$$

$$Vol_{(ml)} = \frac{100}{1.32}$$

$$Vol_{(ml)} = 75.76 \text{ ml} \approx 76 \text{ ml}$$

Se obtiene a partir de la muestra de Hidroxicloruro de aluminio que se encuentra en los tanques de almacenamiento de la planta; se toma 76 ml de la muestra de Hidroxicloruro de aluminio en una probeta. Se llena en un bidón de 20 litros y se procede a aumentar agua, agitando suavemente hasta mezclarse. Esta solución se prepara nuevamente cuando se termina.

Densidad del hidróxicloruro de aluminio es 1.32 gr/cm³.

5.2.9. Caudal de la solución de los insumos para aplicar en la planta piloto experimental de Bellavista

$$D = \frac{q * C}{Q}$$

Donde:

D = Dosis (mg/l)

q = Caudal de la solución (ml/s)

C = Concentración de la solución (mg/l) o (ppm)

Q = Cauda de la Planta Piloto (ml/s)

Despejando la fórmula tenemos:

$$q = \frac{D * Q}{C}$$

Nota: Como el caudal de la solución teórica es pequeño, este caudal se multiplica por 30 segundos para poder medir el volumen en la práctica y aplicar a cada unidad de tratamiento.

5.2.9.1. Dosis óptima de los insumos utilizados en la planta piloto experimental de Bellavista.

En las siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de las turbiedades iniciales del agua cruda con sus respectivas dosis óptimas en ml/30seg., halladas para aplicar al ingreso de las unidades: alcalinización,

oxidación y pre-decantación; con los insumos de hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio respectivamente, de la planta piloto experimental de Bellavista; además se encuentran sus respectivas gráficas: Turbiedad – volumen de insumos, con el fin de analizar los datos obtenidos de una manera más clara.

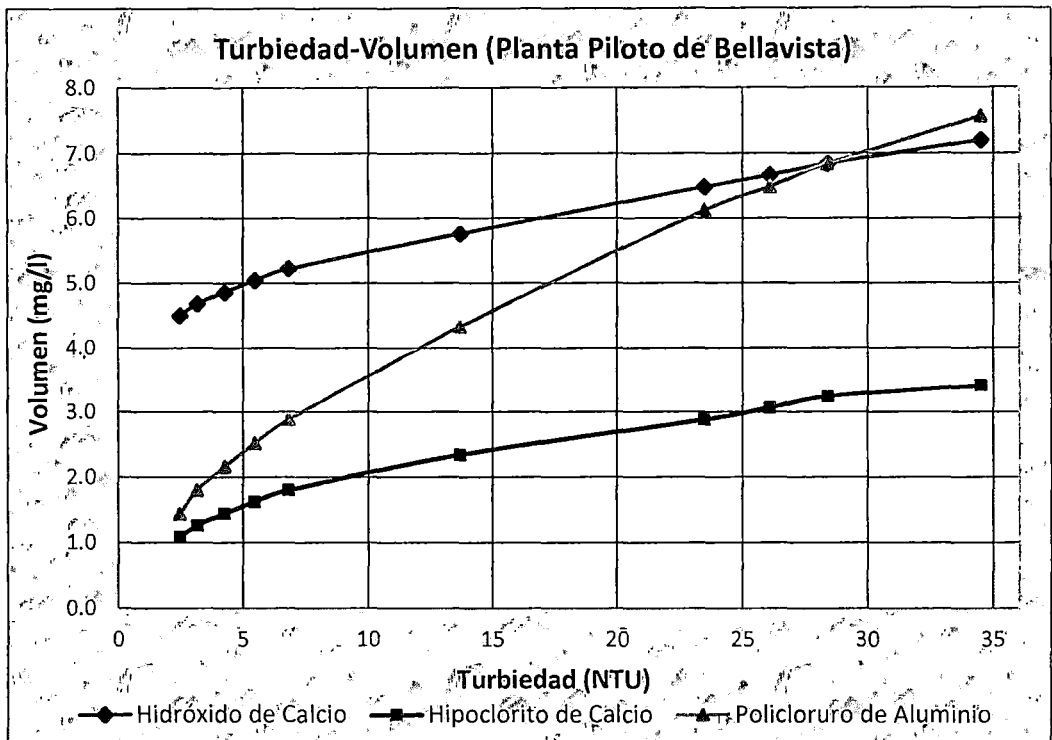
Tabla 78. Turbiedad – Dosis óptima de los insumos utilizados en el tratamiento del agua del río Auqui.

Turbiedad (NTU)	Volumen (ml/30 seg)		
	Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Policloruro de Aluminio al 0.5%
2.47	4.5	1.1	1.4
3.16	4.7	1.3	1.8
4.25	4.9	1.4	2.2
5.46	5.0	1.6	2.5
6.82	5.2	1.8	2.9
13.7	5.8	2.3	4.3
23.5	6.5	2.9	6.1
26.1	6.7	3.1	6.5
28.4	6.8	3.2	6.8
34.5	7.2	3.4	7.6
67.6	8.6	4.3	10.1
85.3	9.4	4.5	11.2
93.4	9.7	4.7	11.5
125	10.8	5.0	13.0
223	12.6	5.8	15.5
324	13.7	6.5	17.6
479	15.1	7.2	20.2
623	16.2	7.9	22.3

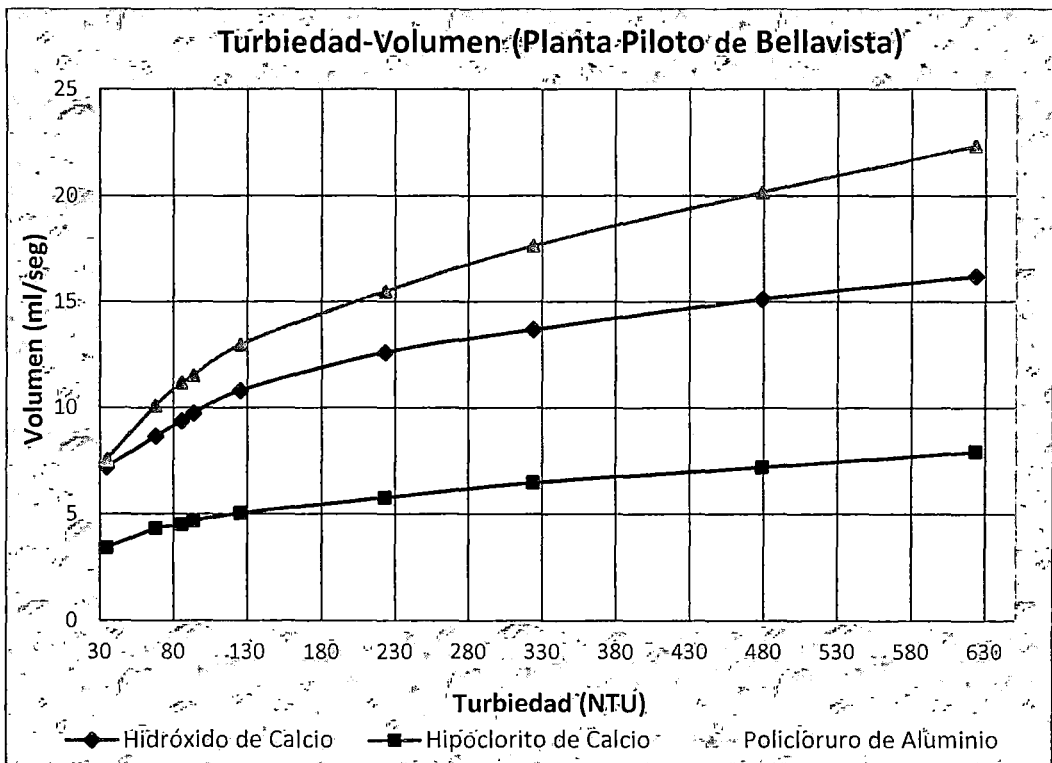
5.2.9.2. Gráfica del volumen de los insumos con respecto a la turbiedad de entrada del agua cruda.

Se grafica la Turbiedad – Caudal de los insumos, con el fin de analizar los datos obtenidos de una manera más clara.

Gráfica 15. Turbiedad – Caudal de los insumos utilizados en el tratamiento del agua del río Auqui en el rango de 0 a 30 NTU.



Gráfica 16. Turbiedad – Caudal de los insumos utilizados en el tratamiento del agua del río Auqui en el rango de 30 a 630 NTU.



5.2.10. Parte experimental de la planta piloto de Bellavista durante el periodo Diciembre 2014 – Junio 2015

A continuación se encuentran los datos experimentales de los parámetros físico-químicos antes y después del tratamiento en la planta piloto con los insumos utilizados como: hidróxido de calcio, hipoclorito de aluminio y policloruro de aluminio en la planta piloto de Bellavista, organizados por meses en los que se tomaron muestra de entrada y salida, para ser analizadas en el Laboratorio de E.P.S. Chavín S.A.

5.2.10.1. Muestras analizadas en el mes de Diciembre 2014

Este es el mes que presenta precipitaciones pluviales regulares, donde el río Auqui va aumentando de caudal paulatinamente y la turbiedad empieza a subir, mientras que la concentración de los componentes químicos empieza a bajar. En el mes de Diciembre se analizaron cinco muestras que fueron muestreados tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 79. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda en el mes de Diciembre 2014.

N° de Muestra	dic-14	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (µS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
1	29/12/2014	11:38	5.46	5.24	1.18	121.5	0.87	0.43	0.64

Tabla 80. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Diciembre 2014.

N° de Muestra	dic-14	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
1	29/12/2014	11:38	30	5,0	1,6	2,5

Tabla 81. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Diciembre 2014.

N° de Muestra	dic-14	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (µS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
1	29/12/2014	11:38	0,13	7,26	6,30	123,7	0,02	0,03	0,01

5.2.10.2. Muestras analizadas en el mes de Enero 2015

Este mes presenta precipitaciones pluviales continuas, donde el río Auqui va aumentando de caudal paulatinamente, en cuanto a la concentración de los componentes químicos se diluye y el pH empieza a subir.

En el mes de Enero se analizaron cuatro muestras que fueron muestreadas tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 82. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Enero 2015.

N° de Muestra	ene-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2	07/01/2015	11:25	4,56	5,18	1,18	118,7	0,85	0,39	0,62
3	16/01/2015	15:38	13,7	5,26	0,99	119,3	0,86	0,37	0,65
4	21/01/2015	17:10	28,4	5,20	0,99	122,8	0,83	0,38	0,63
5	29/01/2015	9:20	6,37	5,27	1,18	120,4	0,81	0,36	0,61

Tabla 83. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y polícloruro de aluminio en el mes de Enero 2015.

N° de Muestra	ene-15	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
2	07/01/2015	11:25	30	4,9	1,4	2,2
3	16/01/2015	15:38	30	5,8	2,3	4,3
4	21/01/2015	17:10	30	6,8	3,2	6,8
5	29/01/2015	9:20	30	5,2	1,8	2,9

Tabla 84. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Enero 2015.

N° de Muestra	ene-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2	07/01/2015	11:25	0,15	7,27	6,50	121,6	0,01	0,02	0,01
3	16/01/2015	15:38	0,12	7,52	6,30	122,5	0,03	0,04	0,02
4	21/01/2015	17:10	0,14	7,15	6,11	119,8	0,01	0,03	0,01
5	29/01/2015	9:20	0,11	7,09	6,11	116,7	0,02	0,02	0,01

5.2.10.3. Muestras analizadas en el mes de Febrero 2015

Este mes sigue con mayores precipitaciones pluviales, donde el río Auqui aumenta paulatinamente su caudal y la turbiedad, los componentes químicos se diluyen y se registran concentraciones menores por lo tanto el pH sigue subiendo su registro.

En el mes de Febrero se analizaron cuatro muestras que fueron muestreados tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 85. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Febrero 2015.

N° de Muestra	feb-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
6	03/02/2015	11:45	4,84	5,22	1,18	121,6	0,82	0,38	0,60
7	11/02/2015	10:18	3,29	5,26	0,99	117,5	0,80	0,35	0,58
8	20/02/2015	14:23	125	5,29	1,18	117,9	0,79	0,37	0,57
9	26/02/2015	16:12	324	5,31	1,18	118,5	0,81	0,35	0,58

Tabla 86. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Febrero 2015.

N° de Muestra	feb-15	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
6	03/02/2015	11:45	30	4,9	1,4	2,2
7	11/02/2015	10:18	30	4,7	1,3	1,8
8	20/02/2015	14:23	30	10,8	5,0	13,0
9	26/02/2015	16:12	30	13,7	6,5	17,6

Tabla 87. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Febrero 2015.

N° de Muestra	feb-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
6	03/02/2015	11:45	0,12	7,28	6,30	120,3	0,01	0,02	0,02
7	11/02/2015	10:18	0,14	7,30	6,50	118,7	0,02	0,03	0,01
8	20/02/2015	14:23	0,10	7,17	6,30	121,2	0,01	0,04	0,01
9	26/02/2015	16:12	0,13	7,02	6,30	115,9	0,02	0,02	0,02

5.2.10.4. Muestras analizadas en el mes de Marzo 2015

Este es el mes que se presenta con mayores precipitaciones pluviales, donde el río Auqui alcanza su máximo caudal y mayor turbiedad.

En el mes de Marzo se analizaron cinco muestras que fueron muestreadas tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 88. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Marzo 2015.

N° de Muestra	mar-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (µS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
10	05/03/2015	17:13	623	5,30	0,99	118,4	0,79	0,34	0,55
11	10/03/2015	8:20	6,23	5,39	1,18	119,9	0,76	0,35	0,56
12	19/03/2015	15:22	67,6	5,34	0,99	122,8	0,78	0,33	0,53
13	24/03/2015	16:35	479	5,37	0,99	121,3	0,79	0,32	0,55
14	31/03/2015	11:17	12,4	5,40	1,18	122,2	0,77	0,34	0,54

Tabla 89. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y polifloruro de aluminio en el mes de Marzo 2015.

N° de Muestra	mar-15	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Poliflor al 0.5%
10	05/03/2015	17:13	30	16,2	7,9	22,3
11	10/03/2015	8:20	30	5,2	1,8	2,9
12	19/03/2015	15:22	30	8,6	4,3	10,1
13	24/03/2015	9:50	30	15,1	7,2	20,2
14	31/03/2015	11:17	30	5,8	2,3	4,3

Tabla 90. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Marzo 2015.

N° de Muestra	mar-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (µS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
10	05/03/2015	17:13	0,10	7,19	6,11	119,7	0,02	0,03	0,01
11	10/03/2015	8:20	0,12	7,16	6,30	117,8	0,03	0,02	0,01
12	19/03/2015	15:22	0,13	7,34	6,50	121,7	0,02	0,02	0,01
13	24/03/2015	9:50	0,11	7,21	6,50	117,1	0,02	0,03	0,02
14	31/03/2015	11:17	0,12	7,14	6,30	120,4	0,01	0,04	0,01

5.2.10.5. Muestras analizadas en el mes de Abril 2015

Este mes se presenta con menos precipitaciones pluviales, donde el río Auqui mantiene su caudal. En el mes de Abril se analizaron cuatro muestras que fueron muestreadas tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 91. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Abril 2015.

N° de Muestra	abr-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
15	09/04/2015	12:10	8,46	5,33	1,18	116,8	0,76	0,32	0,53
16	13/04/2015	14:45	34,5	5,28	0,99	120,2	0,80	0,31	0,56
17	23/04/2015	10:15	7,35	5,21	0,99	119,6	0,81	0,33	0,57
18	28/04/2015	16:20	23,4	5,13	1,18	117,4	0,78	0,31	0,56

Tabla 92. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Abril 2015.

N° de Muestra	abr-15	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
15	09/04/2015	12:10	30	5,3	1,9	3,0
16	13/04/2015	14:45	30	7,2	3,4	7,6
17	23/04/2015	10:15	30	5,3	1,9	3,0
18	28/04/2015	16:20	30	6,5	2,9	6,1

Tabla 93. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Abril 2015.

N° de Muestra	abr-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
15	09/04/2015	12:10	0,15	7,45	6,50	122,8	0,01	0,02	0,01
16	13/04/2015	14:45	0,12	7,19	6,50	119,5	0,03	0,03	0,02
17	23/04/2015	10:15	0,14	7,34	6,11	121,3	0,02	0,03	0,01
18	28/04/2015	16:20	0,16	7,29	6,30	116,8	0,01	0,02	0,02

5.2.10.6. Muestras analizadas en el mes de Mayo 2015

Este mes presenta empieza la época de estiaje con pocas precipitaciones pluviales, donde el caudal y turbiedad del río Auqui inicia con el descenso.

En el mes de Mayo se analizaron cuatro muestras que fueron muestreadas tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 94. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Mayo 2015.

N° de Muestra	may-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
19	07/05/2015	9:23	4,68	5,09	1,18	121,8	0,79	0,32	0,59
20	12/05/2015	17:10	6,82	4,97	1,18	118,1	0,82	0,33	0,56
21	22/05/2015	15:30	5,13	4,82	0,99	122,3	0,84	0,35	0,59
22	27/05/2015	11:20	4,25	4,93	1,18	116,4	0,82	0,34	0,60

Tabla 95. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Mayo 2015.

N° de Muestra	may-15	Hora de Muestreo	Caudal (m ³ /seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
19	07/05/2015	9:23	30	4,9	1,4	2,2
20	12/05/2015	17:10	30	5,2	1,8	2,9
21	22/05/2015	15:30	30	5,0	1,6	2,5
22	27/05/2015	11:20	30	4,9	1,4	2,2

Tabla 96. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Mayo 2015.

N° de Muestra	may-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad (μS/cm)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
19	07/05/2015	9:23	0,17	7,25	6,50	124,5	0,02	0,04	0,01
20	12/05/2015	17:10	0,13	7,34	6,11	118,7	0,03	0,03	0,01
21	22/05/2015	15:30	0,14	7,18	6,30	123,8	0,01	0,04	0,01
22	27/05/2015	11:20	0,11	7,27	6,50	117,2	0,03	0,03	0,02

5.2.10.7. Muestras analizadas en el mes de Junio 2015

Este mes es de temporada seca sin precipitaciones pluviales, donde el caudal del río Auqui va bajando paulatinamente, la turbiedad se mantienen baja.

En el mes de Junio se analizaron cuatro muestras que fueron muestreadas tanto en la entrada y salida de la planta piloto experimental.

Tabla 97. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro del agua cruda del mes de Junio 2015.

N° de Muestra	jun-15	Hora de Muestreo	Parámetros Iniciales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
23	02/06/2015	8:40	3,16	4,90	0,99	122,0	0,83	0,36	0,58
24	11/06/2015	12:27	2,53	4,56	1,18	117,5	0,82	0,38	0,60
25	19/06/2015	14:55	2,38	4,80	0,99	119,6	0,84	0,41	0,61
26	25/06/2015	16:42	2,47	4,67	1,18	120,7	0,88	0,42	0,62

Tabla 98. Dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en el mes de Junio 2015.

N° de Muestra	jun-15	Hora de Muestreo	Caudal (ml/seg)	Dosificación de Insumos (ml/30 seg)		
				Hidróxido de Calcio al 0.5%	Hipoclorito de Calcio al 0.1%	Polifloc al 0.5%
23	02/06/2015	8:40	30	4,7	1,3	1,8
24	11/06/2015	12:27	303	4,5	1,1	1,4
25	19/06/2015	14:55	30	4,5	1,1	1,4
26	25/06/2015	16:42	30	4,5	1,1	1,4

Tabla 99. Resultados de la turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro finales en el agua filtrada del mes de Junio 2015.

N° de Muestra	jun-15	Hora de Muestreo	Parámetros Finales						
			Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
23	02/06/2015	8:40	0,16	7,13	6,11	116,9	0,02	0,02	0,01
24	11/06/2015	12:27	0,12	7,26	6,50	123,5	0,01	0,04	0,01
25	19/06/2015	14:55	0,14	7,31	6,11	119,3	0,02	0,03	0,01
26	25/06/2015	16:42	0,15	7,32	6,30	120,7	0,03	0,04	0,01

5.2.11. Condiciones iniciales y finales del Aluminio, Manganeso y Hierro en la planta piloto experimental de Bellavista

En la siguiente tabla se encuentran organizados, las 26 muestras analizadas antes y después del tratamiento en la planta piloto experimental con sus respectivos resultados, comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud..

Tabla 100. Condiciones iniciales y finales del Aluminio de las 26 muestras analizadas de la planta piloto experimental.

Meses	N° de Muestra	Fecha	Aluminio Inicial (mg/l)	Aluminio Final (mg/l)	LMP (mg/l)
dic-14	1	29/12/2014	0.87	0.02	0.20
ene-15	2	07/01/2015	0.85	0.01	0.20
	3	16/01/2015	0.86	0.03	0.20
	4	21/01/2015	0.83	0.01	0.20
	5	29/01/2015	0.81	0.02	0.20
feb-15	6	03/02/2015	0.82	0.01	0.20
	7	11/02/2015	0.80	0.02	0.20
	8	20/02/2015	0.79	0.01	0.20
	9	26/02/2015	0.81	0.02	0.20
mar-15	10	05/03/2015	0.79	0.02	0.20
	11	10/03/2015	0.76	0.03	0.20
	12	19/03/2015	0.78	0.02	0.20
	13	24/03/2015	0.79	0.02	0.20
	14	31/03/2015	0.77	0.01	0.20
abr-15	15	09/04/2015	0.76	0.01	0.20
	16	13/04/2015	0.80	0.03	0.20
	17	23/04/2015	0.81	0.02	0.20
	18	28/04/2015	0.78	0.01	0.20
may-15	19	07/05/2015	0.79	0.02	0.20
	20	12/05/2015	0.82	0.03	0.20
	21	22/05/2015	0.84	0.01	0.20
	22	27/05/2015	0.82	0.03	0.20
jun-15	23	02/06/2015	0.83	0.02	0.20
	24	11/06/2015	0.82	0.01	0.20
	25	19/06/2015	0.84	0.02	0.20
	26	25/06/2015	0.88	0.03	0.20



Gráfica 17. Aluminio inicial y final de las 26 muestras analizadas.

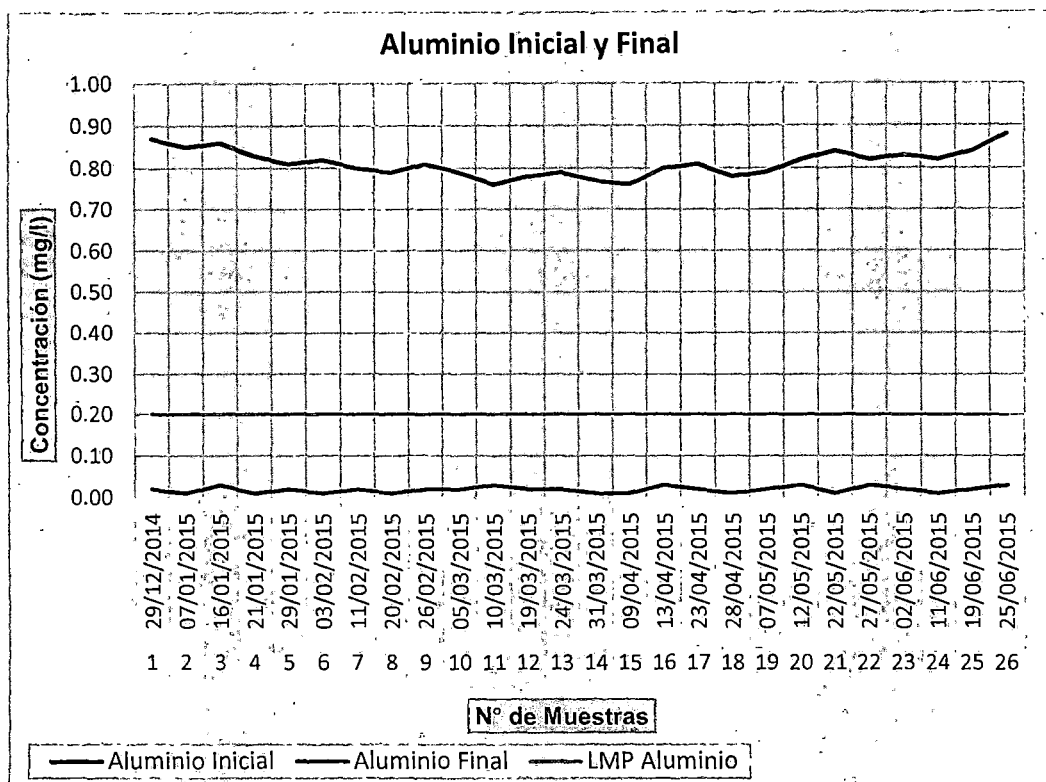


Tabla 101. Condiciones iniciales y finales del Manganeso de las 26 muestras analizadas de la planta piloto experimental.

Meses	Nº de Muestra	Fecha	Manganeso Inicial (mg/l)	Manganeso Final (mg/l)	LMP (mg/l)
dic-14	1	29/12/2014	0.43	0.03	0.40
ene-15	2	07/01/2015	0.39	0.02	0.40
	3	16/01/2015	0.37	0.04	0.40
	4	21/01/2015	0.38	0.03	0.40
	5	29/01/2015	0.36	0.02	0.40
feb-15	6	03/02/2015	0.38	0.02	0.40
	7	11/02/2015	0.35	0.03	0.40
	8	20/02/2015	0.37	0.04	0.40
mar-15	9	26/02/2015	0.35	0.02	0.40
	10	05/03/2015	0.34	0.03	0.40
	11	10/03/2015	0.35	0.02	0.40
	12	19/03/2015	0.33	0.02	0.40
abr-15	13	24/03/2015	0.32	0.03	0.40
	14	31/03/2015	0.34	0.04	0.40
	15	09/04/2015	0.32	0.02	0.40
	16	13/04/2015	0.31	0.03	0.40
	17	23/04/2015	0.33	0.03	0.40

may-15	18	28/04/2015	0.31	0.02	0.40
	19	07/05/2015	0.32	0.04	0.40
	20	12/05/2015	0.33	0.03	0.40
	21	22/05/2015	0.35	0.04	0.40
	22	27/05/2015	0.34	0.03	0.40
jun-15	23	02/06/2015	0.36	0.02	0.40
	24	11/06/2015	0.38	0.04	0.40
	25	19/06/2015	0.41	0.03	0.40
	26	25/06/2015	0.42	0.04	0.40

Gráfico 18. Manganeso inicial y final de las 26 muestras analizadas.

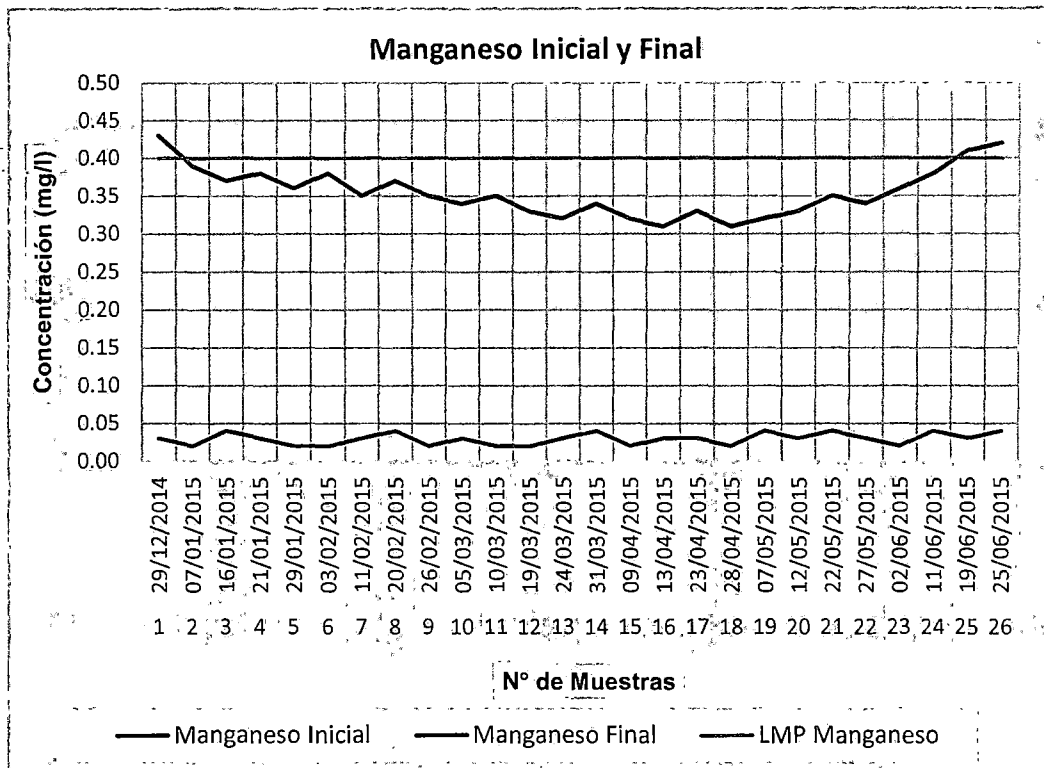
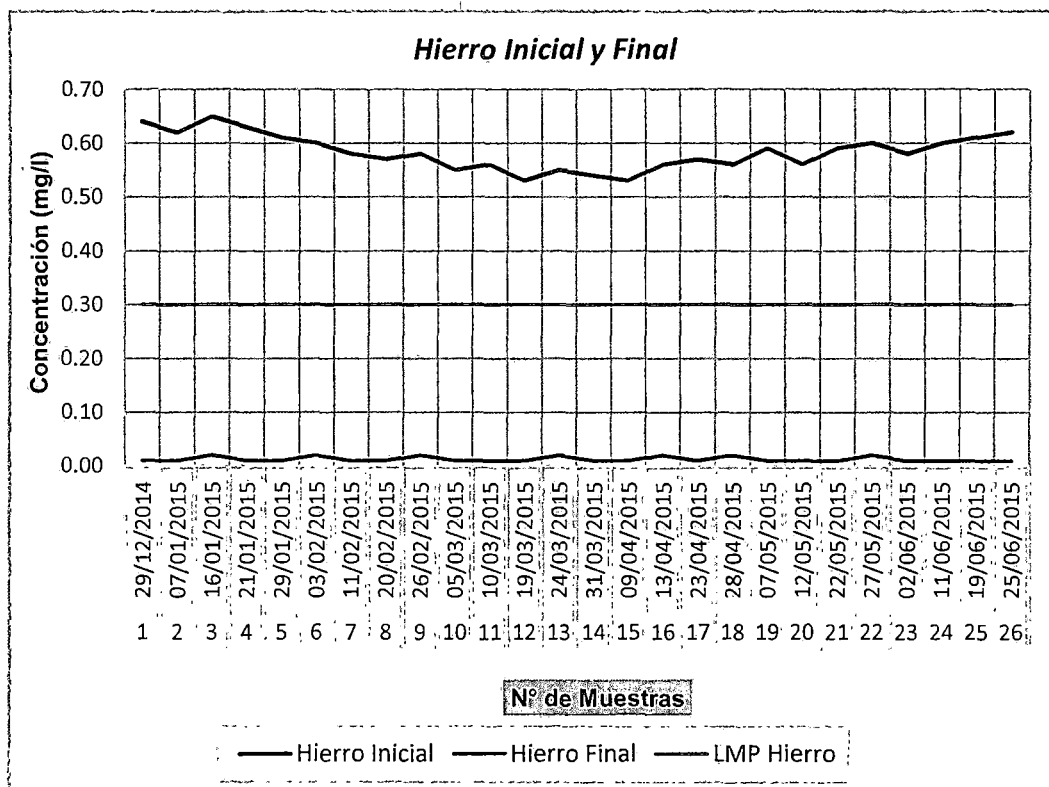


Tabla 102. Condiciones iniciales y finales del Hierro de las 26 muestras analizadas de la planta piloto experimental.

Meses	N° de Muestra	Fecha	Hierro Inicial (mg/l)	Hierro Final (mg/l)	LMP (mg/l)
dic-14	1	29/12/2014	0.64	0.01	0.30
ene-15	2	07/01/2015	0.62	0.01	0.30
	3	16/01/2015	0.65	0.02	0.30
	4	21/01/2015	0.63	0.01	0.30
	5	29/01/2015	0.61	0.01	0.30
feb-15	6	03/02/2015	0.60	0.02	0.30

	7	11/02/2015	0.58	0.01	0.30
	8	20/02/2015	0.57	0.01	0.30
	9	26/02/2015	0.58	0.02	0.30
mar-15	10	05/03/2015	0.55	0.01	0.30
	11	10/03/2015	0.56	0.01	0.30
	12	19/03/2015	0.53	0.01	0.30
	13	24/03/2015	0.55	0.02	0.30
	14	31/03/2015	0.54	0.01	0.30
abr-15	15	09/04/2015	0.53	0.01	0.30
	16	13/04/2015	0.56	0.02	0.30
	17	23/04/2015	0.57	0.01	0.30
	18	28/04/2015	0.56	0.02	0.30
may-15	19	07/05/2015	0.59	0.01	0.30
	20	12/05/2015	0.56	0.01	0.30
	21	22/05/2015	0.59	0.01	0.30
	22	27/05/2015	0.60	0.02	0.30
jun-15	23	02/06/2015	0.58	0.01	0.30
	24	11/06/2015	0.60	0.01	0.30
	25	19/06/2015	0.61	0.01	0.30
	26	25/06/2015	0.62	0.01	0.30

Gráfico 19. Hierro inicial y final de las 26 muestras analizadas.



5.2.12. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos en la planta piloto experimental de Bellavista.

A continuación se encuentran los porcentajes de remoción de las mejores dosis aplicadas donde los parámetros como la turbiedad, aluminio, manganeso y hierro se encuentran dentro del rango permisible, mediante la aplicación de los insumos en la planta piloto de Bellavista como el hidróxido de calcio (alcalinizante), hipoclorito de calcio (oxidante) y policloruro de aluminio este último como coagulante.

5.2.12.1. Remoción de la Turbiedad.

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Turbiedad} = \frac{\text{Turbiedad Inicial} - \text{Turbiedad Final}}{\text{Turbiedad Inicial}} * 100$$

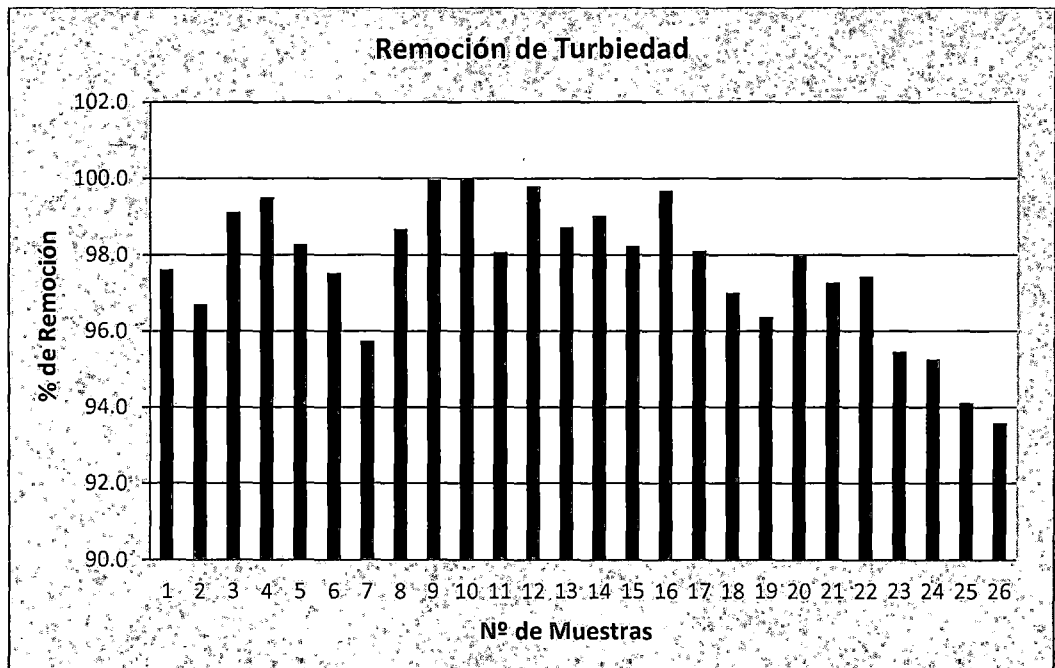
Tabla 103. Porcentaje de remoción de Turbiedad.

N° de Muestra	Turbiedad Inicial (NTU)	Turbiedad Final (NTU)	% de Remoción
1	5.46	0.13	97.6
2	4.56	0.15	96.7
3	13.7	0.12	99.1
4	28.4	0.14	99.5
5	6.37	0.11	98.3
6	4.84	0.12	97.5
7	3.29	0.14	95.7
8	7.62	0.10	98.7
9	324	0.13	100.0
10	543	0.10	100.0
11	6.23	0.12	98.1
12	63.1	0.13	99.8
13	8.62	0.11	98.7
14	12.4	0.12	99.0
15	8.46	0.15	98.2
16	37.5	0.12	99.7
17	7.35	0.14	98.1
18	5.34	0.16	97.0
19	4.68	0.17	96.4
20	6.41	0.13	98.0
21	5.13	0.14	97.3

22	4.28	0.11	97.4
23	3.52	0.16	95.5
24	2.53	0.12	95.3
25	2.38	0.14	94.1
26	2.34	0.15	93.6

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción de la turbiedad de cada muestra tomada y analizada donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas de los insumos.

Gráfica 20. Porcentaje de remoción de turbiedad.



5.2.12.2. Remoción del Aluminio.

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Aluminio} = \frac{\text{Aluminio Inicial} - \text{Aluminio Final}}{\text{Aluminio Inicial}} * 100$$

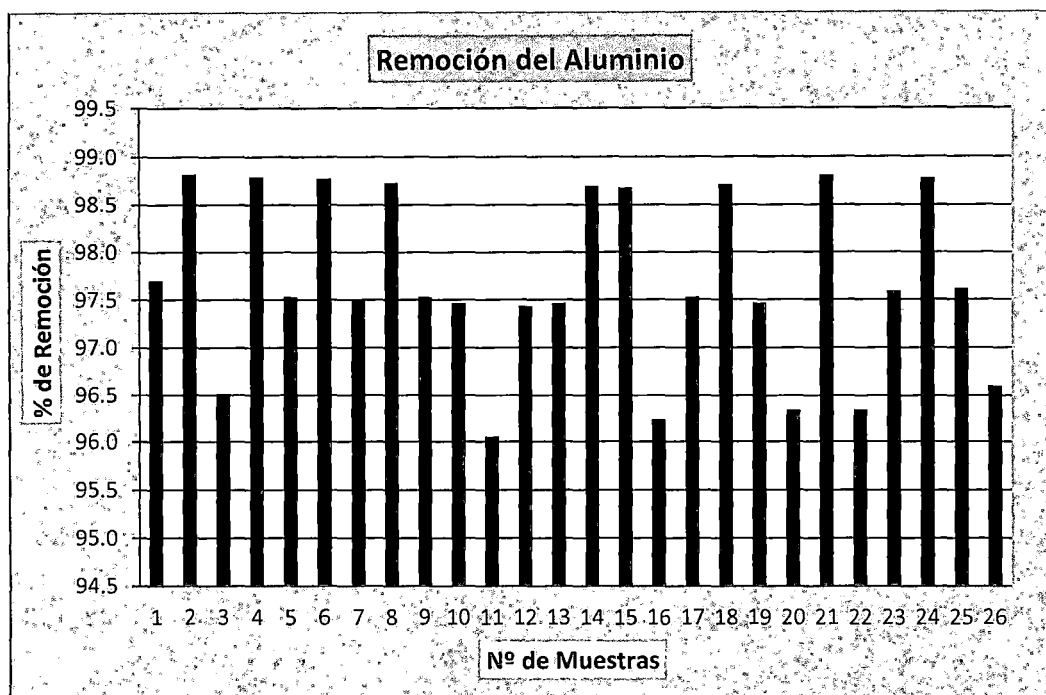
Tabla 104. Porcentaje de remoción del Aluminio.

Nº de Muestra	Aluminio Inicial (mg/l)	Aluminio Final (mg/l)	% de Remoción
1	0.87	0.02	97.7

2	0.85	0.01	98.8
3	0.86	0.03	96.5
4	0.83	0.01	98.8
5	0.81	0.02	97.5
6	0.82	0.01	98.8
7	0.80	0.02	97.5
8	0.79	0.01	98.7
9	0.81	0.02	97.5
10	0.79	0.02	97.5
11	0.76	0.03	96.1
12	0.78	0.02	97.4
13	0.79	0.02	97.5
14	0.77	0.01	98.7
15	0.76	0.01	98.7
16	0.80	0.03	96.3
17	0.81	0.02	97.5
18	0.78	0.01	98.7
19	0.79	0.02	97.5
20	0.82	0.03	96.3
21	0.84	0.01	98.8
22	0.82	0.03	96.3
23	0.83	0.02	97.6
24	0.82	0.01	98.8
25	0.84	0.02	97.6
26	0.88	0.03	96.6

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del aluminio de cada muestra tomada y analizada, donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas de los insumos.

Gráfica 21. Porcentaje de remoción del aluminio.



5.2.12.3. Remoción del Manganeso

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Remoción Manganeso} = \frac{\text{Manganeso Inicial} - \text{Manganeso Final}}{\text{Manganeso Inicial}} * 100$$

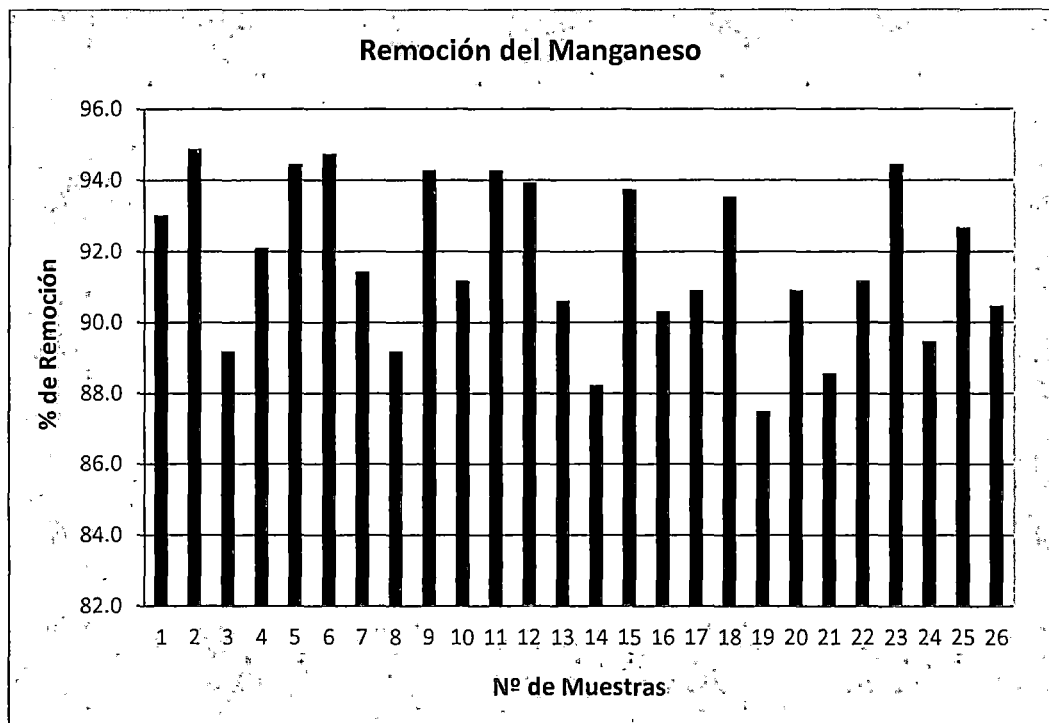
Tabla 105. Porcentaje de remoción del Manganeso.

Nº de Muestra	Manganeso Inicial (mg/l)	Manganeso Final (mg/l)	% de Remoción
1	0.43	0.03	93.0
2	0.39	0.02	94.9
3	0.37	0.04	89.2
4	0.38	0.03	92.1
5	0.36	0.02	94.4
6	0.38	0.02	94.7
7	0.35	0.03	91.4
8	0.37	0.04	89.2
9	0.35	0.02	94.3
10	0.34	0.03	91.2
11	0.35	0.02	94.3

12	0.33	0.02	93.9
13	0.32	0.03	90.6
14	0.34	0.04	88.2
15	0.32	0.02	93.8
16	0.31	0.03	90.3
17	0.33	0.03	90.9
18	0.31	0.02	93.5
19	0.32	0.04	87.5
20	0.33	0.03	90.9
21	0.35	0.04	88.6
22	0.34	0.03	91.2
23	0.36	0.02	94.4
24	0.38	0.04	89.5
25	0.41	0.03	92.7
26	0.42	0.04	90.5

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del manganeso de cada muestra tomada y analizada, donde se obtuvieron las mejores dosis aplicadas de los insumos.

Gráfica 22. Porcentaje de remoción del Manganeso.



5.2.12.4. Remoción del Hierro

Para obtener los porcentajes de remoción se empleó la siguiente relación:

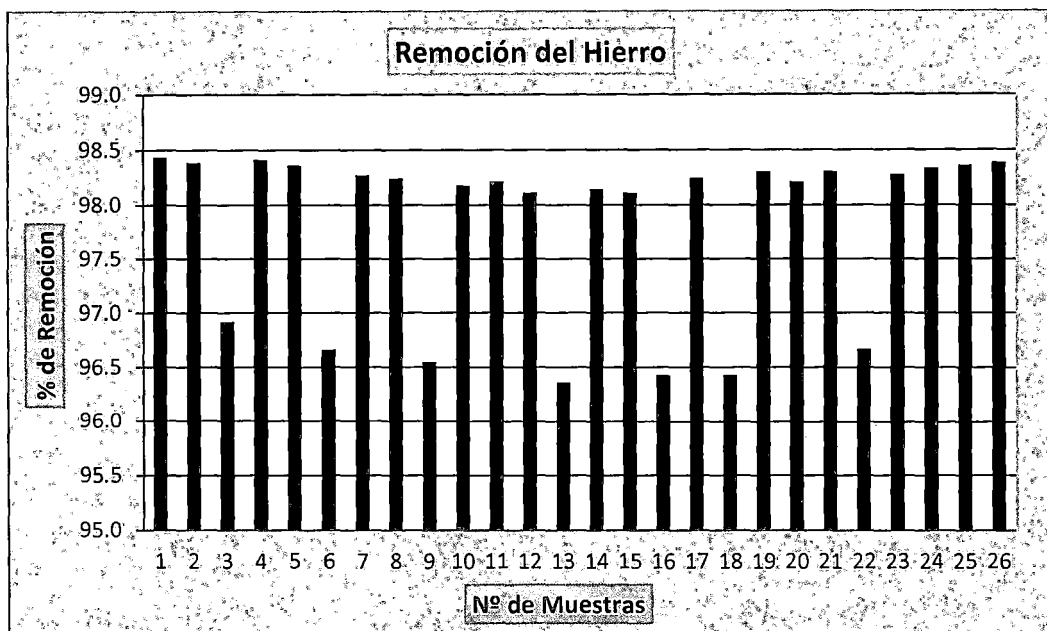
$$\% \text{ Remoción Hierro} = \frac{\text{Hierro Inicial} - \text{Hierro Final}}{\text{Hierro Inicial}} * 100$$

Tabla 106. Porcentaje de Remoción del Hierro.

N° de Muestra	Hierro Inicial(mg/l)	Hierro Final (mg/l)	% de Remoción
1	0.64	0.01	98.4
2	0.62	0.01	98.4
3	0.65	0.02	96.9
4	0.63	0.01	98.4
5	0.61	0.01	98.4
6	0.60	0.02	96.7
7	0.58	0.01	98.3
8	0.57	0.01	98.2
9	0.58	0.02	96.6
10	0.55	0.01	98.2
11	0.56	0.01	98.2
12	0.53	0.01	98.1
13	0.55	0.02	96.4
14	0.54	0.01	98.1
15	0.53	0.01	98.1
16	0.56	0.02	96.4
17	0.57	0.01	98.2
18	0.56	0.02	96.4
19	0.59	0.01	98.3
20	0.56	0.01	98.2
21	0.59	0.01	98.3
22	0.60	0.02	96.7
23	0.58	0.01	98.3
24	0.60	0.01	98.3
25	0.61	0.01	98.4
26	0.62	0.01	98.4

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción del hierro de cada muestra tomada y analizada, donde se obtuvieron las mejor dosis aplicadas de los insumos.

Gráfica 23. Porcentaje de remoción del Hierro.



5.2.13. Comportamiento del pH durante el tratamiento en la planta piloto experimental de Bellavista.

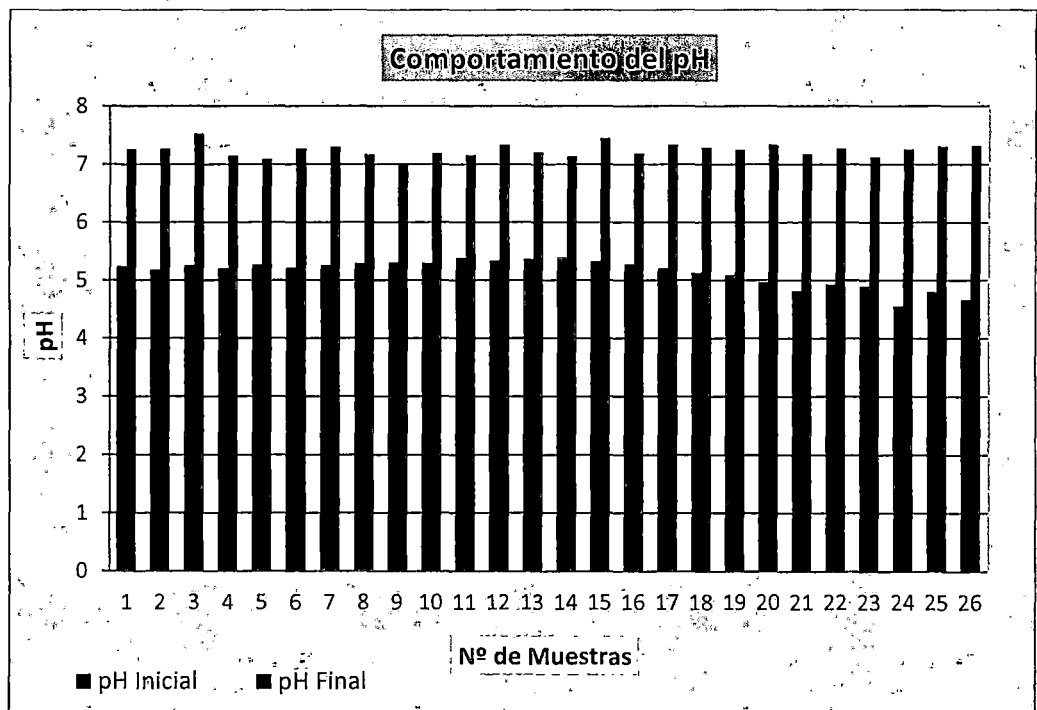
A continuación se puede observar el comportamiento que tiene el pH antes y después del tratamiento con los insumos utilizados como: Hidróxido de calcio, Hipoclorito de calcio y el Policloruro de aluminio, aplicado en cada una de las unidades de tratamiento diseñadas para esta finalidad.

Tabla 107. Comportamiento del pH en los análisis realizados.

Nº de Muestra	pH Inicial	pH Inicial
1	5.24	7.26
2	5.18	7.27
3	5.26	7.52
4	5.20	7.15
5	5.27	7.09
6	5.22	7.28
7	5.26	7.30
8	5.29	7.17
9	5.31	7.02
10	5.30	7.19
11	5.39	7.16
12	5.34	7.34

13	5.37	7.21
14	5.40	7.14
15	5.33	7.45
16	5.28	7.19
17	5.21	7.34
18	5.13	7.29
19	5.09	7.25
20	4.97	7.34
21	4.82	7.18
22	4.93	7.27
23	4.90	7.13
24	4.56	7.26
25	4.80	7.31
26	4.67	7.32

Gráfica 24. Comportamiento del pH en los análisis realizados.



5.3. Diseño preliminar del Pre-tratamiento de la Planta de Bellavista.

Los criterios de diseño en los cuales se ha basado el estudio, se detallan a continuación:

5.3.1. Cálculo de los parámetros necesarios.

A continuación, se muestran los datos recopilados del INEI como población, los cuales pertenecen a diferentes censos nacionales. Todos estos datos fueron usados para calcular la población futura en un horizonte de 10 años, para calcular el caudal de diseño.

5.3.1.1. Censos de la Población de Huaraz

La proyección de la población urbana de la ciudad de Huaraz, se ha desarrollado tomando como base los resultados de los censos 1972, 1981, 1993, 2007 de población y vivienda, de acuerdo a los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se tiene:

Tabla N° 108. Población urbana en la ciudad de Huaraz

Ciudad	Resultados censales de la población urbana			
	1972	1981	1993	2007
Huaraz	31382	44883	66888	100931

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI

5.3.1.2. Densidad Poblacional

La densidad poblacional ha sido determinada en base a la información del Censo Nacional 2007-XI de Población y VI de Vivienda, calculada a partir de la población urbana y el número de viviendas urbanas, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla N° 109. Densidad poblacional

Ciudad	Viviendas urbanas totales	Población urbana censo 2007	Densidad Hab/vivienda
Huaraz	26521	100931	3,81

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

5.3.1.3. Consumo per cápita por conexión

$$\text{Consumo per cápita} = \frac{\text{Consumo medio} * 1000}{30 * \text{hab/vivienda}} = \frac{16,31 * 1000}{30 * 3,81}$$

$$\text{Consumo per cápita} = 142,69 \text{ l/hab} * \text{día}$$

Como hay pérdida en la ciudad de Huaraz, la dotación real será:

$$\text{Consumo per cápita real} = \left(\frac{142,69}{1 - 0,25} \right)$$

$$\text{Consumo per cápita real} = 190,25 \text{ l/hab} * \text{día}$$

5.3.1.4. Población proyectada para un horizonte de 10 años

Para calcular la población futura, existen numerosos modelos matemáticos, entre ellos destacan: el método aritmético, el método del porcentaje uniforme de crecimiento, el método geométrico, el método proporcional, el método logístico o curva en s, el método comparativo y el método de la tasa decreciente del crecimiento.

Para escoger el método que refleje el crecimiento poblacional más cercano a lo real, la población futura se calculó utilizando el método el geométrico, que a continuación se detallan:

$$Pf = Po(1 + r)^t$$

Donde:

Pf = población futura en hab.

Po = población inicial en hab.

r = tasa de crecimiento en %

t = tiempo en años

Para la tasa de crecimiento se despeja de la fórmula anterior y se obtiene:

$$r = \left(\frac{Pf}{Po} \right)^{1/t} - 1$$

$$r = 0.0342$$

Tabla 110. Población futura para los 10 años próximos

Año	Tiempo proyectado	Población urbana		
		Total habitantes	Población servida (%)	Nº de habitantes
2016	0	132087	75,25	99396
2017	1	136605	76,77	104871
2018	2	141276	78,24	110535
2019	3	146108	79,65	116375
2020	4	151105	81,16	122637
2021	5	156273	82,63	129128
2022	6	161617	84,10	135920
2023	7	167145	85,57	143026
2024	8	172861	87,04	150458
2025	9	178773	88,51	158232
2026	10	184887	89,98	166361

Fuente: Elaboración del Autor

5.3.1.5. Producción de agua potable en las diferentes plantas de su jurisdicción de la ciudad de Huaraz de La E.P.S. Chavín S.A.

La producción total de agua potable corresponde a un porcentaje a la Planta de Tratamiento de Bellavista y es como sigue:

Tabla 111. Producción de agua potable de las 3 plantas de tratamiento de E.P.S. Chavín S.A. Enero-Febrero 2016.

Plantas	Producción (m3/Ene, Feb)	Porcentaje (%)
Bellavista	745895	43,44
Paría	750600	43,71
Marián	220771	12,86
Total	1717266	100,00

Fuente: Producción y Mantenimiento, E.P.S. Chavín S.A.

5.3.1.6. Caudal de diseño para el cálculo de las unidades previas

El caudal de producción futura se calcula en base al porcentaje de producción total de agua potable que produce La E.P.S. Chavín S.A., en sus

tres plantas de tratamiento, con la siguiente fórmula:

$$Q_d = \frac{P_f * Dotación}{86400} = \frac{166361 * 190,25}{86400}$$

$$Q_d = 366,32 \text{ l/s}$$

Como la planta de tratamiento de Bellavista abastece el 43,44 % de la producción total, la producción es como sigue:

$$Q_{dB} = \frac{Q_f * \% \text{ Producc. Bellavista}}{100\%} = \frac{366,32 * 43,44 \%}{100\%}$$

$$Q_{dB} = 159,13 \text{ l/s}$$

5.3.1.7. Consumo promedio diario anual, según el RNE (Q_m)

El consumo promedio diario anual se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del período de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación:

$$Q_m = \frac{P_f * d}{86400}$$

Donde:

Q_m = consumo promedio diario (l/s)

P_f = población futura (habitantes)

d = dotación (l/hab*día)

Considerando una dotación diaria de 120 l/hab*día, ya que se encuentra dentro del rango sugerido por el Ministerio de Salud y además es lo que sugiere el Reglamento Nacional de Construcciones.

$$Q_m = \frac{166361 * 120}{86400} * 1.3$$

$$Q_m = 300,37 \text{ l/s}$$

Como la planta de tratamiento de Bellavista abastece el 43,44.% de la producción total es como sigue:

$$Q_{mB} = \frac{Q_f * \% \text{ Producc. Bellavista}}{100\%} = \frac{300,37 * 43,44 \%}{100\%}$$

$$Q_{mB} = 130,48 \text{ l/s}$$

El caudal medio requerido para la población según el RNE es menor que el caudal de diseño de 159,13 l/s. Para nuestros cálculos preliminares desarrollaremos con 170 l/s, por lo tanto garantizamos que la demanda va a ser satisfecha.

5.3.2. Diseño preliminar de las diferentes unidades de tratamiento

Basándonos en los análisis físico-químicos de la prueba de jarras y de la planta piloto experimental de Bellavista, se determina que el tratamiento necesario para las aguas del río Auqui y además que el producto sea apta para consumo humano, será de un tratamiento no convencional, que sea capaz de remover: el aluminio, manganeso y hierro.

Para lo cual se adoptan las siguientes unidades:

- Unidad de desarenación,
- **Unidad de Alcalinización,**
- **Unidad de Oxidación,**
- **Unidad de Pre-decantación,**
- Unidad de decantación,
- Unidad de filtración y
- Unidad de desinfección.

Como el estudio se trata de diseñar unidades complementarias para el tratamiento del aluminio, manganeso y hierro sólo se realizarán los cálculos de siguientes unidades:

- *Unidad de Alcalinización*
- *Unidad de Oxidación y*
- *Unidad de Pre-decantación*

Datos para el diseño:

$$Q = 170 \text{ l/s}$$

$$d = 0.008 \text{ cm}$$

$$T = 11^\circ \text{ C}$$

$$\mu = 1.2740 * 10^{-2} \text{ (cm/s)}$$

$$P_s = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_a = 1$$

5.3.2.1. Pre-sedimentador (Unidad de Alcalinización)

Datos para el diseño del pre-sedimentador o unidad de alcalinización, se diseñan para dos unidades.

$$Q = 85 \text{ l/s} = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_R = 70 \text{ min.}$$

$V_s = 0.065 \text{ cm/s}$...*Se determina de la prueba de sedimentación en el laboratorio. V_s se considera entre 0.015 y 0.070 cm/s., según Azeveto Neto, en nuestro caso es 0.065 cm/s.*

Nota: Los valores sugeridos y asumidos para los cálculos se toman en base a las temperaturas de las aguas y el caudal que se va tratar, siendo una temperatura de 11°C y un caudal de 85 l/s.

1. Volumen de la unidad (V)

$$V = Q * T_R$$

$$V = 0.085 \text{ m}^3/\text{s} * 70 \text{ min} * 60$$

$$V = 357 \text{ m}^3$$

2. Tasa de diseño (q)

$$q = \frac{V_S * 86400}{1.3 * 100}$$

$$q = \frac{0.065 * 86400}{1.3 * 100}$$

$$q = 43.20 \text{ m}^3/\text{m}^2 * d$$

3. Área superficial (A_S)

$$A_S = \frac{Q * 86400}{q}$$

$$A_S = \frac{0.085 * 86400}{43.20}$$

$$A_S = 170 \text{ m}^2$$

4. Altura útil de la unidad (H)

$$H = \frac{Q * 3600}{A_S} * T_R$$

$$H = \frac{0.085 * 3600}{170} * 1.167$$

$$H = 2.10 \text{ m}$$

5. Longitud (L_2)

$$L_2 = \frac{A_S}{B}$$

Se asume $B = 8.25 \text{ m}$

$$L_2 = \frac{170 \text{ m}^2}{8.25 \text{ m}}$$

$$L_2 = 20.60 \text{ m}$$

6. Longitud total (L)

$$L = 0.80 + L_2$$

$$L = 0.80 + 20.40 \text{ m}$$

$$L = 21.40 \text{ m}$$

7. Relación:

$$2 < \frac{L}{B} < 5$$

$$\frac{L}{B} = 2.50$$

8. Relación:

$$5 < \frac{L}{H} < 20$$

$$\frac{L}{H} = 9.80$$

9. Velocidad Horizontal (V_H)

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

$$V_H = \frac{100 * 0.085}{8.25 * 2.10}$$

$$V_H = 0.490 \text{ cm/s} < 0.55 \text{ cm/s.}, \text{según Arboleda y el RNE}$$

10. Recalculando el volumen (V)

$$V = L_2 * B * H$$

$$V = 20.60 * 8.25 * 2.10$$

$$V = 356.895 \approx 357 \text{ m}^3$$

11. Con una pendiente de 10 % en el fondo de la unidad se tiene como altura máxima (H')

$$H' = H + 0.1(L_2)$$

$$H' = 2.10 + 0.1(20.60)$$

$$H' = 4,16 \text{ m}$$

12. Altura del agua sobre el vertedero de salida (H_2)

$$H_2 = \left(\frac{Q}{1.84 * B} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = \left(\frac{0.085}{1.84 * 8.25} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = 0.032 \text{ m}$$

13. Velocidad de paso sobre el vertedero de salida (V)

$$V = m_1 * (H_2)^{1/2}$$

$$1.8 < m_1 < 2.00 \dots \dots \dots \text{tomamos } m_1 = 2$$

$$V = 2 * (0.032)^{1/2}$$

$$V = 0.358 \text{ m/s} < 1 \text{ m/s}$$

14. Para el diseño de la pantalla difusora, se asume una velocidad de paso entre los orificios

$$V_o = 0.1 \text{ m/s} \approx 10 \text{ cm/s}$$

Los orificios deben aboquillarse en un ángulo de 15° en el sentido de flujo

- Se determina el área total de los orificios (A_o):

$$A_o = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{V_o \text{ (m/s)}}$$

$$A_o = \frac{0.085}{0.1}$$

$$A_o = 0.85 \text{ m}^2$$

- Se adopta un diámetro(d_o) = 3" = 0.075 m., y se determina el área de cada orificio (a_o)

$$a_o = \frac{\pi * (d_o)^2}{4}$$

$$a_o = \frac{\pi * 0.075^2}{4}$$

$$a_o = 0.0044 \text{ m}^2$$

- Número de orificios de la pantalla difusora de la unidad (n)

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{0.85}{0.0044}$$

$$n = 193.18 \text{ orificios} \approx 194 \text{ orificios}$$

- Altura de la pantalla difusora con orificios (h)

$$h = H - \left(\frac{2}{5}\right) H$$

$$h = 2.10 - \left(\frac{2}{5}\right) 2.10$$

$$h = 1.26 \text{ m}$$

- Se asume: un número de filas de orificios $nf = 6$
: un número de columnas $nc = 32$

- Espaciamiento vertical entre los orificios (a_1)

$$a_1 = \frac{h - (nf * d_o)}{nf + 1}$$

$$a_1 = \frac{1.26 - (6 * 0.075)}{6 + 1}$$

$$a_1 = 0.116 \text{ m}$$

- Espaciamiento lateral entre los orificios (a_2)

$$a_2 = \frac{B - (nc * d_o)}{nc + 1}$$

$$a_2 = \frac{8.25 - (32 * 0.075)}{32 + 1}$$

$$a_2 = 0.177 \text{ m}$$

15. Diámetro de la tubería para el drenaje del sedimentador:

$$S = \frac{A}{4850 * t} * (h)^{1/2}$$

Donde:

$S = \text{sección del tubo (cm)}$

$A = \text{área superficial (m)}$

$h = \text{profundidad del sedimentador (m)}$

$t = \text{tiempo de vaciado (horas)}$

Se propone de 45 minutos o 0.75 horas el tiempo de vaciado:

$$S = \frac{170}{4850 * 0.75} * (2.10)^{1/2}$$

$$S = 0.0677 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{4 * S / \pi}$$

$$d = \sqrt{4 * 0.0677 / \pi}$$

$$d = 0.2936 \text{ m}$$

$$d = 0.2936 * (1/0.0254)$$

$$d = 11.59" \approx 12"$$

5.3.2.2. Sedimentador (Unidad de Oxidación)

Datos para el diseño del sedimentador o unidad de oxidación, se diseñan para dos unidades.

$$Q = 85 \text{ l/s} = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_R = 90 \text{ min.}$$

$V_s = 0.065 \text{ cm/s} \dots V_s$ se considera entre 0.015 y 0.070 cm/s., según Azeveto

Neto, en nuestro caso es 0.065 cm/s.

Nota: Los valores sugeridos y asumidos para los cálculos se toman en base a las temperaturas de las aguas y el caudal que se va a tratar, siendo una temperatura de 11°C y un caudal de 85 l/s.

1. Volumen de la unidad (V)

$$V = Q * T_R$$

$$V = 0.085 \text{ m}^3/\text{s} * 90 \text{ min} * 60$$

$$V = 459 \text{ m}^3$$

2. Tasa de diseño (q)

$$q = \frac{V_S * 86400}{1.3 * 100}$$

$$q = \frac{0.065 * 86400}{1.3 * 100}$$

$$q = 43.20 \text{ m}^3/\text{m}^2 * d$$

3. Área superficial (A_S)

$$A_S = \frac{Q * 86400}{q}$$

$$A_S = \frac{0.085 * 86400}{43.20}$$

$$A_S = 170 \text{ m}^2$$

4. Altura útil de la unidad (H)

$$H = \frac{Q * 3600}{A_S} * T_R$$

$$H = \frac{0.085 * 3600}{170} * 1.5$$

$$H = 2.70 \text{ m}$$

5. Longitud de la unidad (L_2)

$$L_2 = \frac{A_S}{B}$$

Se asume $B = 8.25 \text{ m}$

$$L_2 = \frac{170 \text{ m}^2}{8.25 \text{ m}}$$

$$L_2 = 20.60 \text{ m}$$

6. Longitud total (L)

$$L = 0.80 + L_2$$

$$L = 0.80 + 20.40 \text{ m}$$

$$L = 21.40 \text{ m}$$

7. Relación:

$$2 < \frac{L}{B} < 5$$

$$\frac{L}{B} = 2.50$$

8. Relación:

$$5 < \frac{L}{H} < 20$$

$$\frac{L}{H} = 7.60$$

9. Velocidad Horizontal (V_H)

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

$$V_H = \frac{100 * 0.085}{8.25 * 2.70}$$

$$V_H = 0.380 \text{ cm/s} < 0.55 \text{ cm/s.}, \text{según Arboleda y el RNE}$$

10. Recalculando el volumen (V)

$$V = L_2 * B * H$$

$$V = 20.60 * 8.25 * 2.70$$

$$V = 458.86 \approx 459 \text{ m}^3$$

11. Con una pendiente de 10 % en el fondo de la unidad se tiene como altura máxima(H')

$$H' = H + 0.1(L_2)$$

$$H' = 2.70 + 0.1(20.60)$$

$$H' = 4.76 \text{ m}$$

12. Altura del agua sobre el vertedero de salida (H_2)

$$H_2 = \left(\frac{Q}{1.84 * B} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = \left(\frac{0.085}{1.84 * 8.25} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = 0.032 \text{ m}$$

13. Velocidad de paso sobre el vertedero de salida (V)

$$V = m_1 * (H_2)^{1/2}$$

$$1.8 < m_1 < 2.00 \dots \dots \dots \text{tomamos } m_1 = 2$$

$$V = 2 * (0.032)^{1/2}$$

$$V = 0.358 \text{ m/s} < 1 \text{ m/s}$$

14. Para el diseño de la pantalla difusora, se asume una velocidad de paso entre los orificios

$$V_o = 0.1 \text{ m/s} \approx 10 \text{ cm/s}$$

Los orificios deben aboquillarse en un ángulo de 15° en el sentido de flujo

- Se determina el área total de los orificios (A_o):

$$A_o = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{V_o \text{ (m/s)}}$$

$$A_o = \frac{0.085}{0.1}$$

$$A_o = 0.85 \text{ m}^2$$

- Se adopta un diámetro (d_o) = 3" = 0.075 m., y se determina el área de cada orificio (a_o)

$$a_o = \frac{\pi * (d_o)^2}{4}$$

$$a_o = \frac{\pi * 0.075^2}{4}$$

$$a_o = 0.0044 \text{ m}^2$$

- Número de orificios de la pantalla difusora de la unidad (n)

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{0.85}{0.0044}$$

$$n = 193.18 \text{ orificios} \approx 194 \text{ orificios}$$

- Altura de la pantalla difusora con orificios (h)

$$h = H - \left(\frac{2}{5}\right) H$$

$$h = 2.10 - \left(\frac{2}{5}\right) 2.10$$

$$h = 1.26 \text{ m}$$

- Se asume: un número de filas de orificios $nf = 6$
: un número de columnas $nc = 32$

- Espaciamiento vertical entre los orificios (a_1)

$$a_1 = \frac{h - (nf * d_o)}{nf + 1}$$

$$a_1 = \frac{1.26 - (6 * 0.075)}{6 + 1}$$

$$a_1 = 0.116 \text{ m}$$

- Espaciamiento lateral entre los orificios (a_2)

$$a_2 = \frac{B - (nc * d_o)}{nc + 1}$$

$$a_2 = \frac{8.25 - (32 * 0.075)}{32 + 1}$$

$$a_2 = 0.177 \text{ m}$$

15. Diámetro de la tubería para el drenaje del sedimentador:

$$S = \frac{A}{4850 * t} * (h)^{1/2}$$

Donde:

S = sección del tubo (cm)

A = área superficial (m)

h = profundidad del sedimentador (m)

t = tiempo de vaciado (horas)

Se propone de 45 minutos o 0.75 horas el tiempo de vaciado:

$$S = \frac{170}{4850 * 0.75} * (2.70)^{1/2}$$

$$S = 0.0768 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{4 * S / \pi}$$

$$d = \sqrt{4 * 0.0768 / \pi}$$

$$d = 0.2936 \text{ m}$$

$$d = 0.3127 * (1/0.0254)$$

$$d = 12.31" \approx 12"$$

5.3.2.3. Pre-decantador (Unidad de Flocculación y Decantación)

Datos para el diseño del pre-decantador en la Planta de Bellavista

$$Q = 170 \text{ l/s} = 0.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_R = 120 \text{ min.}$$

$$V_S = 0.065 \text{ cm/s}$$

$$B = 14.70 \text{ m}$$

Nota: Los valores sugeridos y asumidos para los cálculos se toman en base a las temperaturas de las aguas y el caudal que se va a tratar, siendo una temperatura de 11°C y un caudal de 170 l/s.

1. Volumen de la unidad (V)

$$V = Q * T_R * 60$$

$$V = 0.17 * 120 * 60$$

$$V = 1224 \text{ m}^3$$

2. Área superficial (A_S)

$$A_S = \frac{Q * 100}{V_S}$$

$$A_S = \frac{0.17 \text{ m}^3 * 100}{0.065 \text{ cm/s}}$$

$$A_S = 261.54 \text{ m}^2$$

3. Altura útil de la unidad (H)

$$H = \frac{V}{A_S}$$

$$H = \frac{1224 \text{ m}^3}{261.54 \text{ m}^2}$$

$$H = 4.68 \text{ m}$$

4. Longitud de la unidad (L_2)

$$L_2 = \frac{A_S}{B}$$

$$\text{Se asume } B = 14.70 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{261.54 \text{ m}^2}{14.70 \text{ m}}$$

$$L_2 = 17.79 \text{ m} \approx 17.80 \text{ m}$$

5. Recalculando el volumen de la unidad (V)

$$V = L_2 * B * H$$

$$V = 17.80 * 14.70 * 4.68$$

$$V = 1224.57 \text{ m}^3 \approx 1224 \text{ m}^3$$

6. Velocidad ascensorial (V_{asc})

La velocidad ascensorial recomendable en los pre-decantadores es de 2 a 6 m/h, según Degremont.

$$V_{asc} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{asc} = \frac{170 * (3600/1000)}{261.54 \text{ m}^2}$$

$$V_{asc} = 2.34 \text{ m/h}$$

7. Diseño de la tubería de distribución del pre-decantador, la tasa de distribución (q_d) está entre:

$$q_d = 0.5 \text{ a } 1.5 \text{ lps/m} \rightarrow \text{se propone } 0.65 \text{ lps/m}$$

- Longitud total de la tubería de distribución

$$L = \frac{Q}{q_d} * 1000$$

Como el caudal se distribuye en dos etapas se toma la mitad del diseño:

$$L = \frac{0.085}{0.65} * 1000$$

$$L = 130.77 \text{ m}$$

- Longitud física de cada tubería de distribución:

La longitud de cada tubería es igual al ancho del pre-decantador menos las tolvas.

$$l = 6.20 \text{ m}$$

- Número de tuberías por cada partición del pre-decantador:

La separación recomendable entre tuberías es de 0.75 a 1.00 m., para una distribución uniforme, según Degremont.

Se propone 0.85 metros de separación entre el eje de las tuberías:

$$N_t = \frac{L}{l}$$

$$N_t = \frac{130.77}{6.20}$$

$$N_t = 21.09 \approx 21 \text{ tubos}$$

- Caudal distribuido por tubería (q_t)

$$q_t = q * l$$

$$q_t = 0.65 * 6.20$$

$$q_t = 4.03 \text{ l/s}$$

- Diámetro de cada tubería:

$$D = \left(\frac{q_t}{1000} \right)^{0.26}$$

$$D = \left(\frac{4.03}{1000} \right)^{0.26}$$

$$D = 0.2384 \text{ m}$$

$$D = \frac{0.2384}{0.0254} = 9.38 \text{ pulg.} \approx 10 \text{ pulg.}$$

- Tasa de distribución real (q'):

La tasa de distribución real se debe encontrar en el rango de 0.5 a 1.5 lps/m

$$q' = (D * 0.0254)^4 * \frac{1000}{l}$$

$$q' = (10 * 0.0254)^4 * \frac{1000}{6.20}$$

$$q' = 0.67 \text{ lps/m}$$

- Diámetro de los orificios de distribución de cada tubería:

El diámetro debe ser como mínimo 3/4".

$$\text{Se asume: } d_o = 1''$$

- Determinación del área total de los orificios (A_o):

La velocidad en los orificios debe estar entre 0.25 a 0.50 m/s

Se asume una velocidad (V_o) = 0.33 m/s

$$A_o = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{V_o \text{ (m/s)}}$$

$$A_o = \frac{0.085}{0.33}$$

$$A_o = 0.258 \text{ m}^2$$

- Se asume un diámetro (d_o) = 1" $\approx 0.0254 \text{ m}$ y se determina el área de cada orificio (a_o)

$$a_o = \frac{\pi * (d_o)^2}{4}$$

$$a_o = \frac{\pi * (0.0254)^2}{4}$$

$$a_o = 0.00051 \text{ m}^2$$

- Número de orificios en la tubería de distribución del pre-decantador (n)

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{0.258}{0.00051}$$

$$n = 505.88 \text{ orificios} \approx 506 \text{ orificios}$$

- Número de orificios de por cada tubería:

$$n_o = \frac{n}{N_t}$$

$$n_o = \frac{506}{21}$$

$$n_o = 24.09 \text{ orificios/tubo}$$

- Separación entre orificios

$$e = \frac{l}{n_o}$$

$$e = \frac{6.20}{24.09}$$

$$e = 0.257 \text{ m}$$

8. Diseño de la tubería de recolección del pre-decantador, la tasa de recolección (q) está entre:

$$q = 0.5 \text{ a } 1.5 \text{ lps/m}$$

- Longitud total de la tubería de recolección por etapa

$$L = \frac{Q}{q} * 1000$$

Como el caudal se distribuye en cuatro etapas se toma la cuarta parte del diseño:

Se sugiere: $q = 0.76 \text{ lps/m}$

$$L = \frac{0.0425}{0.76} * 1000$$

$$L = 55.92 \text{ m}$$

- Longitud de cada tubería:

La longitud de cada tubería es igual al largo del decantador menos los canales de recolección y el separador del centro, dividido entre 4.

$$l = 3.85 \text{ m}$$

- Número de tuberías por cada etapa del pre-decantador.

La separación recomendable entre tuberías es de 0.75 a 1.25 m., para una recolección uniforme, según Degremont.

Se sugiere 0.96 metros de separación entre tuberías:

$$N_t = \frac{L}{l}$$

$$N_t = \frac{14.70}{0.96}$$

$$N_t = 15.31 \approx 15 \text{ tubos de recolección por etapa}$$

- Caudal recolectado por tubería (q_t)

$$q_t = q * l$$

$$q_t = 0.76 * 3.85$$

$$q_t = 2.93 \text{ l/s}$$

- Diámetro de cada tubería:

$$D = \left(\frac{q_t}{1000} \right)^{0.4}$$

$$D = \left(\frac{2.93}{1000} \right)^{0.4}$$

$$D = 0.0970 \text{ m}$$

$$D = \frac{0.0970}{0.0254} = 3.8187 \text{ pulg.} \approx 4 \text{ pulg.}$$

- Tasa de recolección real:

La tasa de recolección real se debe encontrar en el rango de 0.5 a 1.5 lps/m

$$q' = (D * 0.0254)^{2.5} * \frac{1000}{l}$$

$$q' = (4 * 0.0254)^{2.5} * \frac{1000}{3.85}$$

$$q' = 0.8545 \text{ lps/m}$$

- Diámetro de los orificios de recolección de cada tubería:

El diámetro debe ser como mínimo ½", se asume:

$$d_o = 3/4" \text{ o } 0.75"$$

- Se determina el área total de los orificios (A_o):

La velocidad en los orificios debe estar entre 0.50 a 0.75 m/s

Se asume una velocidad $V_o = 0.55 \text{ m/s}$

$$A_o = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{V_o \text{ (m/s)}}$$

$$A_o = \frac{0.0425}{0.55}$$

$$A_o = 0.0773 \text{ m}^2$$

- Como se asume un diámetro ($d_o = 3/4" = 0.01905 \text{ m}$), se determina el área de cada orificio (a_o)

$$a_o = \frac{\pi * (d_o)^2}{4}$$

$$a_o = \frac{\pi * (0.01905)^2}{4}$$

$$a_o = 0.00028 \text{ m}^2$$

- Número total de orificios en las tubería de recolección del pre-decantador por cada etapa (n)

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{0.0773}{0.00028}$$

$$n = 276 \text{ orificios}$$

- Número de orificios de por cada tubería:

$$n_o = \frac{n}{N_t}$$

$$n_o = \frac{276}{15}$$

$$n_o = 18.4 \approx 18 \text{ orificios/tubo}$$

- Separación entre orificios

$$e = \frac{l}{n_o}$$

$$e = \frac{3.85}{18}$$

$$e = 0.214 \text{ m}$$

9. Altura máxima del agua en los canales de recolección (h_{max})

$$h_{max} = \left(\frac{73 * Q}{b} \right)^{2/3}$$

Donde:

h_{max} = altura máxima (cm)

Q = caudal (litros/segundo)

$b = \text{ancho de la canaleta (cm)}$

Se asume dos canales de recolección, como sigue:

$$h_{max} = \left(\frac{73 * 85}{55} \right)^{2/3}$$

$$h_{max} = 23.35 \text{ cm}$$

10. Diámetro de la tubería para el drenaje del lodo de la tolva de recolección de lodos

Sifones recomendable de 4"; 5"; y 6"; para trabajar con velocidades de 1.10 a 2.0 m/s fabricados de PVC o fierro forjado.

11. Diámetro de la tubería para el drenaje del pre-decantador

$$S = \frac{A_s}{4850 * t} * (h)^{1/2}$$

Donde:

$S = \text{sección del tubo (cm)}$

$A = \text{área superficial (m)}$

$h = \text{profundidad de pre - decantador (m)}$

$t = \text{tiempo de vaciado (horas)}$

Se asume 60 minutos o 1 hora el tiempo de vaciado:

$$S = \frac{234}{4850 * 1} * (5.20)^{1/2}$$

$$S = 0.11 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{4 * S / \pi}$$

$$d = \sqrt{4 * 0.11 / \pi}$$

$$d = 0.374 \text{ m}$$

$$d = 0.374 * (1/0.0254)$$

$$d = 14.72" \approx 15"$$

CAPÍTULO VI

DICUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Análisis de los parámetros físico-químicos del agua cruda

Los componentes químicos que presentan las aguas del río Auqui están en rangos medianamente elevados, que ocasiona la disminución del pH (agua ácida), los tres parámetros como: aluminio, manganeso y hierro presentan menores de 1,0 mg/l y son susceptibles de ser tratados en una planta de tratamiento no convencional que se plantea en esta Tesis.

Estos elementos varían de acuerdo a las estaciones del año a mayor caudal la concentración es menor (Diciembre-Mayo), debido al incremento de las lluvias se diluyen estos componentes; a menor caudal la concentración es mayor (Junio-Noviembre), por falta de las lluvias para diluir estos componentes químicos.

6.2. Ensayo de laboratorio con el Test de Jarras

6.2.1. Parámetros físico-químicos finales

Se puede observar que en los 52 ensayos realizados en el test de jarras, se lograron obtener buenos resultados, aplicando los insumos elegidos como: el hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio, donde los

parámetros físico-químicos del agua decantada se encuentran dentro del rango que exige el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

- La turbiedad de las aguas sedimentadas de los 52 ensayos, está por debajo de 5 NTU, que es lo recomendable para las aguas decantadas en las plantas de tratamiento.
- El pH de las aguas sedimentadas de los 52 ensayos, varía dentro del rango indicado en las Normas, entre 6.5 y 8.5.
- El aluminio residual de las aguas sedimentadas de los 52 ensayos, está debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.20 mg/l.
- El manganeso residual de las aguas sedimentadas de los 52 ensayos, está debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.40 mg/l.
- El hierro residual de las aguas sedimentadas de los 52 ensayos, está debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.30 mg/l.

6.2.2. Dosis óptima de los insumos

El comportamiento de la dosis óptima de los insumos frente a la turbiedad debería ser un comportamiento que siga un modelo lineal, por el hecho de que a medida, que la turbiedad aumenta también lo deberían de hacer con la dosis de los insumos, según la teoría; pero en los ensayos realizados experimentalmente no se evidencia este comportamiento; esto se debe a que el agua se comporta siempre de una manera diferente, debido a que no solo influyen la turbiedad sino también la alcalinidad, el pH, la conductividad eléctrica, la dureza, etc.; por esta razón, el modelo se comporta de forma logarítmica.

La determinación de la alcalinidad es muy importante en los procesos de coagulación química; ya que los coagulantes reaccionan con una alcalinidad necesaria, por esta razón se ha añadido el hidróxido de calcio (cal) al inicio de todo el proceso de tratamiento y se espera un tiempo determinado para llegar al estado de disolución de la cal; ya que la alcalinidad va de la mano con el pH, el

pH de las aguas del río Auqui es baja, oscila alrededor de 5.0; entonces al añadir la cal aumenta el pH alrededor de 9,5.

En los resultados obtenidos se pudo observar que en los ensayos con turbiedades bajas se requiere mayor dosificación de hidróxido de calcio frente a la dosificación del coagulante (policloruro de aluminio), que en los ensayos con turbiedades altas que requiere mayor dosificación del coagulante (policloruro de aluminio) frente a la dosificación de hidróxido de calcio.

Por ejemplo: en el ensayo N° 1 que tiene una turbiedad de 3.16 NTU necesita una dosis óptima de 13 mg/l de hidróxido de calcio, de 4 mg/l hipoclorito de calcio y de 5 mg/l policloruro de aluminio; en el ensayo N° 36 se tiene una turbiedad de 623 NTU, necesita una dosis óptima de 45 mg/l de hidróxido de calcio, de calcio de 22 mg/l hipoclorito y de 62 mg/l policloruro de aluminio; en el ensayo N° 39 se tiene una turbiedad de 28.4 NTU, necesita una dosis óptima de 19 mg/l de hidróxido de calcio, de 9 mg/l hipoclorito de calcio y de 19 mg/l policloruro de aluminio. En este caso la curva de dosificación del hidróxido de calcio y el policloruro de aluminio se invierten a una determinada turbiedad. Mientras que el hipoclorito de calcio se mantiene por debajo de los dos insumos utilizados.

6.2.3. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos

Se observaron que los porcentajes de remoción de la turbiedad está superior al 40%, aluminio sobre pasa el 90%, manganeso está por encima del 75% y el hierro se encuentran por arriba del 90%, lo cual demuestra que el tratamiento con los insumos utilizados como: hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio son efectivos para el tratamiento de las aguas del río Auqui; estos también nos indican que las dosis halladas de los insumos son efectivas; teniéndose en cuenta que en los ensayos realizados en el test de jarras y analizadas en el laboratorio de E.P.S. Chavín S.A., se lograron remover la turbiedad, aluminio, manganeso y el hierro iniciales, dejando como resultados aguas tratadas y aptas para el consumo establecidos dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para

Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

6.2.4. Comportamiento del pH durante la Prueba de Jarras

Al agregarle el Hidróxido de calcio (cal), el agua se alcaliniza por lo tanto sube el pH alrededor de 9.5, cuando el pH del agua está en este rango, se añade hipoclorito de calcio de acuerdo a las necesidades del caso, este insumo actúa como oxidante para los metales disueltos como el aluminio, manganeso y hierro; una vez transcurrido el tiempo adecuado, los metales disueltos en forma de coloide se oxidan; en este instante se adiciona el coagulante (policloruro de aluminio) para atrapar los metales oxidados en forma de flocs y precipitar en el fondo de los vasos precipitados, y en la parte de superior obtener agua de buena calidad libre de contaminantes químicos; al momento de agregar el policloruro de aluminio, este se hidroliza provocando una disminución del pH, debido a esto se puede observar que el comportamiento del pH al final del ensayo está dentro del rango establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud.

Después de la dosificación con el policloruro de aluminio, el pH de las muestras disminuye, entonces a mayor dosificación con el policloruro de aluminio menor pH.

6.3. Planta Piloto experimental de Bellavista

6.3.1. Parámetros físico-químicos finales

Se puede observar que en las 26 muestras tomadas y analizadas, se lograron obtener buenos resultados con el tratamiento realizado en la planta piloto experimental de Bellavista, aplicando los insumos de hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio, donde los parámetros físico-químicos del agua filtrada se encuentran dentro del rango que exige el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.,

en este caso con mejores resultados que en el test de jarras por llevar la unidad de filtración.

- La turbiedad del agua filtrada de las 26 muestras está por debajo de 5 NTU, que es el LMP para aguas de consumo humano.
- El pH del agua filtrada de las 26 muestras varía dentro del rango indicado en las Normas, entre 6.5 y 8.5.
- El aluminio residual del agua filtrada de las 26 muestras está por debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.20 mg/l.
- El manganeso residual del agua filtrada de las 26 muestras está por debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.40 mg/l.
- El hierro residual del agua filtrada de las 26 muestras está por debajo del LMP indicado en las Normas, que es de 0.30 mg/l.

6.3.2. Dosis óptima de los insumos

Para determinar la dosis óptima de los insumos, se tomaron como base la curva de dosificación de la prueba de jarras, donde se calcularon los diferentes caudales de los insumos para aplicar a las unidades del tratamiento, por lo que no se necesitaba de ningún tipo de ajuste por tratarse de un caudal pequeño; obteniéndose buenos resultados después de todo el tratamiento del agua del río Auqui en la planta piloto de Bellavista.

En los resultados obtenidos se pudo observar al igual que en el test de jarras; para turbiedades bajas se requiere mayor dosificación de hidróxido de calcio frente a la dosificación del coagulante (policloruro de aluminio); que con turbiedades altas, que requiere mayor dosificación del coagulante (policloruro de aluminio) frente a la dosificación de hidróxido de calcio.

Por ejemplo: en la muestra N° 1 que tiene una turbiedad de 5.46 NTU necesita un caudal de 5.0 ml/30 seg de hidróxido de calcio, 1.6 ml/30 seg de hipoclorito de calcio y 2.5 ml/30 seg de policloruro de aluminio; en la muestra N° 8 que tiene una turbiedad de 125 NTU necesita un caudal de 10.8 ml/30 seg de hidróxido de calcio, 5.0 ml/30 seg de hipoclorito de calcio y 13.0 ml/30 seg de policloruro de aluminio; en la muestra N° 10 que tiene una turbiedad de 623

NTU necesita un caudal de 16.2 ml/30 seg de hidróxido de calcio, 7.9 ml/30 seg de hipoclorito de calcio y 22.3 ml/30 seg de policloruro de aluminio. En este caso al igual que en el test de jarras la curva de dosificación del hidróxido de calcio y el policloruro de aluminio se invierten a una determinada turbiedad. Mientras que el hipoclorito de calcio se mantiene por debajo de los dos insumos, por tratarse de un oxidante y no un ajustador de pH ni un coagulante.

6.3.3. Porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos

Se observaron que los porcentajes de remoción de la Turbiedad está superior al 90%, el aluminio sobre pasa el 95%, el manganeso está por encima del 85% y el hierro se encuentran por arriba del 95%, lo cual demuestra que el tratamiento con los insumos utilizados como: el hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio son efectivos en el tratamiento de las aguas del río Auqui, también estas nos indican que las dosis halladas de los insumos son efectivas; teniéndose en cuenta que en la mayoría de las muestras tomadas en la salida de la planta piloto de Bellavista y analizadas en el Laboratorio de E.P.S. Chavín S.A., se lograron remover la turbiedad, aluminio, manganeso y el hierro iniciales, dejando como resultados aguas tratadas y aptas para el consumo establecidos dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud.

Con esto se demuestra que la remoción realizada en la planta piloto experimental de Bellavista es más efectiva que con la prueba de jarras, esto se debe a que en la última etapa está instalada la unidad de filtración.

6.3.4. Comportamiento del pH en la Planta piloto experimental

El agua del ingreso de la planta piloto tiene un pH bajo (promedio de 5.0), en la entrada de la primera unidad se le agrega el Hidróxido de calcio (cal), el agua se alcaliniza por lo tanto sube el pH alrededor de 9.5, cuando el pH del agua está dentro de este rango; en la siguiente unidad se le añade hipoclorito de calcio, el cual actúa oxidante para los metales disueltos como: el aluminio, manganeso y hierro; una vez transcurrido el tiempo determinado, los metales

disueltos se oxidan; en la unidad siguiente se le adiciona el coagulante (policloruro de aluminio) para atrapar los metales oxidados en forma de flocs y precipitar en el fondo y en los embudos instalados y después evacuar en forma de lodos, y en la parte de superior obtener agua de buena calidad libre de contaminantes químicos.

Al momento de agregar el policloruro de aluminio, este se hidroliza provocando una disminución del pH, debido a esto se puede observar que el comportamiento del pH al final de todo el tratamiento de la planta piloto experimental de Bellavista está dentro del rango establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud.

6.4. Propuesta de las unidades del tratamiento previo

6.4.1. Unidad de Alcalinización

Esta unidad está diseñada para corregir el pH del agua cruda que tiene alrededor de 5.0 y subir hasta 9.5 aproximadamente; consiste en aplicar hidróxido de calcio (cal) al ingreso de la unidad, tiene una mezcla rápida que permite combinarse con toda la masa del agua, una vez mezclado da inicio con la mezcla lenta hasta llegar al estado de disolución de la cal, después de un tiempo de retención determinado de 70 minutos.

Se ha diseñado dos unidades para cumplir con el trabajo encomendado, mientras se realiza en el mantenimiento de uno de ellos el otro seguirá trabajando, una vez terminado se restablecerá el servicio de las dos unidades de alcalinización.

6.4.2. Unidad de Oxidación

Esta unidad está diseñada para oxidar los contaminantes químicos presentes en el agua, que consiste en aplicar hipoclorito de calcio al ingreso de la unidad, tiene una mezcla rápida que permite combinarse con toda la masa del agua; una vez mezclado da paso a la mezcla lenta, hasta oxidar o quemar el aluminio,

manganeso y hierro, después de un tiempo de retención determinado de 90 minutos.

De la misma forma que el anterior se ha diseñado dos unidades para cumplir con este trabajo, mientras se realiza en el mantenimiento de uno de ellos el otro seguirá trabajando; una vez terminado se restablecerá el servicio de las dos unidades de oxidación.

6.4.3. Unidad de Pre-decantación

Consiste en aplicar policloruro de aluminio al ingreso y mezclarse con toda la masa del agua, una vez mezclado inicia con el proceso de floculación hasta formar los flocs durante 60 minutos, en seguida da paso a la pre-decantación durante 60 minutos depositando los flocs formados en las tolvas preparadas para este fin y desde las tolvas se evacuarán los flocs en forma de lodos a la parte externa a través de tuberías conectados para esta finalidad.

Esta unidad de pre-decantación es de flujo ascendente, tiene un tiempo de retención de 120 minutos, tiempo suficiente como para precipitar los elementos químicos oxidados como el aluminio, manganeso y hierro en forma de flocs y obtener agua de buena calidad en los colectores de la unidad.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se identificaron los parámetros físico-químicos de las aguas del río Auqui, que depende de las diferentes estaciones del año, los metales disueltos varían en rangos medianamente elevados, que ocasionan la disminución del pH (agua ácida), con presencias generalmente del aluminio, manganeso y hierro, de la siguiente manera:

El aluminio varía de un mínimo de 0.75 mg/l en el mes de Marzo del 2015 a 0.96 mg/l en el mes de Noviembre del 2014.

El manganeso varía de un mínimo de 0.32 mg/l en el mes de Marzo-Abril del 2015 a 0.49 mg/l en el mes de Noviembre del 2014.

El hierro varía de un mínimo de 0.54 mg/l en el mes de Marzo del 2015 a 0.69 mg/l en el mes de Noviembre del 2014.

El pH varía de un mínimo de 4.51 unidades en el mes de Noviembre del 2014 a 5.48 unidades en el mes de Marzo del 2015.

La turbiedad varía de un mínimo de 2.25 NTU en el mes de Junio del 2014 a 623 NTU en el mes de Marzo del 2015.

Esto nos demuestra que en épocas de avenidas los componentes químicos que presenta el río Auqui se diluyen con las aguas de las lluvias, por ese motivo,

que los resultados son mínimos en tiempos lluviosos; mientras que en las épocas de estiaje suben los valores por la ausencia de las lluvias.

- Se determinaron las dosis óptimas en cada uno de los 52 ensayos realizados en la prueba de jarras, utilizando los insumos elegidos como el hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio, acuerdo a la turbiedad del agua cruda, construyendo tablas y graficas donde se relacionaron los parámetros físico-químicos y la curva de dosificación de los insumos, donde la remoción de los parámetros físico-químico fue de la siguiente manera:

El aluminio se removió en un promedio de 93.6%.

El manganeso se removió en un promedio de 85.6%.

El hierro se removió en un promedio de 93%.

El pH se obtuvo en un promedio de 7.10 unidades.

La turbiedad se removió en un promedio de 64.4%.

También se graficaron la curva de dosificación de los tres insumos utilizados relacionando la turbiedad (NTU) y la concentración de insumos (mg/l), que servirán como punto de partida para la dosificación de la planta piloto experimental de Bellavista.

- En nuestra investigación se ha logrado realizar una planta de tratamiento experimental a escala piloto, que ha permitido avanzar el conocimiento del proceso de remoción de aluminio, manganeso y hierro a través de diferentes etapas planteadas como: unidad de alcalinización (T_R : 70 minutos); oxidación (T_R : 90 minutos); pre-decantación (T_R : 110 minutos); decantación (T_R : 90 minutos) y filtración (T_F : $114 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), este último utilizando arena cuarzosa y carbón activado, aplicando los diferentes tiempos de retención en cada una de la unidades y la curva de dosificación obtenidos en la prueba de jarras y al final con resultados satisfactorios según los análisis realizados tanto por el laboratorio de la E.P.S. Chavín S.A. y CERPER un laboratorio acreditado por INACAL, obteniendo una remoción más efectiva que en la prueba de jarras, como sigue:

El aluminio se removió en un promedio de 97.7%.

El manganeso se removió en un promedio de 91.7%.

El hierro se removió en un promedio de 97.8%.

El pH se obtuvo en un promedio de 7.20 unidades.

La turbiedad se removió en un promedio de 97.7%.

- Se plantea un diseño hidráulico de las diferentes unidades para el tratamiento previo del aluminio, manganeso y hierro de las aguas del río Auqui, con tiempos de retención determinado en la prueba de jarras y ajustados en la planta piloto experimental para obtener agua potable de una buena calidad con estos componentes dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S.N° 031-2010-S.A, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud. Las dimensiones de las diferentes unidades son las siguientes:

Tipo de unidad	Número de unidades	Tiempo de retención (min)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
Alcalinización	2	70	8.25	21.40	2.10	4.16
Oxidación	2	90	8.25	21.40	2.70	4.76
Pre-decantador	1	120	14.70	17.80	4.68	4.90

7.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar el mantenimiento y calibración de algunos equipos utilizados en el proceso de potabilización en forma periódica por personal especializado externo y así lograr mediciones de mayor confiabilidad y garantizar con la calidad del agua potable.
- Es necesario invertir en equipos y material de laboratorio para realizar el análisis de otros parámetros que no se cuenta con la finalidad de tener un buen control del agua potable que produce E.P.S. Chavín S.A., garantizando con el producto suministrado a la población, que esté libre de impurezas que puedan tener efectos adversos sobre la salud, y no enviar muestras para el análisis a otros laboratorios ya que los resultados no son inmediatos.
- En posteriores análisis se debe contar con mayor volumen de agua cruda para realizar los ensayos de test de jarras de una forma repetitiva y así lograr una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

- Para posteriores investigaciones es necesario realizar el análisis de otros parámetros del agua como: color, cobre, cinc, y otros; ya que en esta oportunidad no se realizaron los análisis por falta de equipamiento en estos parámetros, si bien es cierto, los resultados por parte del laboratorio acreditado CERPER están por debajo del LMP, pero es necesario contar con estos datos para el tratamiento del agua potable.
- Se recomienda identificar y caracterizar, mediante estudios químicos más detallados de otros insumos como: ajustadores de pH, oxidantes y materiales filtrantes para la remoción de estos componentes medianamente presentes en las aguas del río Auqui, para identificar las diferencias de los resultados obtenidos de la calidad del agua potable.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIORÁFICAS

8.1. Bibliográficas

1. Cánepa de Vargas Lidia, tratamiento de agua para consumo humano (Tomo I), OPS/CEPIS/PUB/04.109. (Lima 2004).
2. Maldonado Yactayo Víctor, Filtración (Capítulo 9), CEPIS/OPS. (Lima, Agosto 1993).
3. Degrémont, Manual Técnico del Agua (Cuarta Edición). GRAFO S.A. (España 1979).
4. Barraque. Ch., y otros (1979), Manual técnico del Agua, (CAPÍTULO 9), Filtración del agua.
5. E.P.S. Chavín S.A., Procedimiento específico de Control de Calidad, (Huaraz 2009).
6. Castro de Esparza, María Luisa, Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua, CEPIS. Lima 1987.
7. Cánepa de Vargas Lidia, Tratamiento de Agua para Consumo, (capítulo 6), CEPIS/OPS. (Lima, 1996).
8. Andía Cárdenas Yolanda, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN, SEDAPAL, (Lima, 2000).

9. Ada Barrenechea Martel, Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua (capítulo 10), CEPIS/OPS. (Lima, 2003).
10. Fundamentos para la caracterización de las aguas (capítulo 7)...CEPIS/OPS.
11. Análisis de Laboratorio (capítulo 13)..... CEPIS/OPS.
12. Guía para la Calidad de Agua 2004, Tercera Edición OMS.
13. PMO (Plan Maestro Optimizado) Junio - 2014, Segundo Quinquenio. Huaraz. E.P.S. Chavín S.A.
14. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del Agua. Primera Edición, 2002.
15. RODRÍGUEZ, Carlos. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Santafé de Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1995.
16. PEREZ CARRION, José. Avances de sedimentación. Curso sobre Tecnología de Tratamiento de Agua para Países en Desarrollo, 2006.
17. Maldonado Yactayo Víctor (Agosto 1993), Ensayos de Laboratorio, Lima. CEPIS/OPS.
18. VALENCIA, Jorge Arboleda. Teoría y práctica de la purificación del agua Tomo I, Colombia, 2000.
19. GRANADOS, Natalia Andrea. Determinación de la dosis más efectiva de la mezcla de carbón activado en polvo con sulfato de aluminio líquido para la potabilización de agua en la empresa aguas y aguas de Pereira. Tesis. Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Tecnología Química, 2007.
20. Sistemas de Potabilización, Sección II Título C. Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá DC, Noviembre 2000.
21. ARBOLEDA, J. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera Edición. Vol. I, 2000.
22. RODRIGUEZ MUÑOZ, Susana; GARCIA ROQUE, Osnel y MUÑOZ MARTINEZ, Rosario. Una solución factible para la clarificación de aguas para consumo humano. Noticias técnicas de laboratorio, 2002.
23. RESTREPO OSORNO, Hernán Alonso. Evaluación del Proceso de Coagulación – Flocculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 2009.
24. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuiquímica. Primera Edición. Departamento de publicaciones Escuela Colombiana de Ingenierías, 1996.

8.2. Páginas webb

1. Corporación Autónoma Regional de Risaralda, 2011. (Online) <www.carder.gov.co/documentos/11572_A.I_-_0161_-_2011.pdf> [Consultada: Miércoles, 28 de septiembre de 2011]
2. Ada Barrenechea Marte, Coagulación, 2006. (Online) <www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/cuatro.pdf> [Consultada: Viernes, 23 septiembre de 2011]
3. Corporación Autónoma Regional de Risaralda, 2012. (Online) <www.carder.gov.co/documentos/2676_Generalidades_Cuenca_del_rio_Otun.pdf> [Consultada: Viernes, 10 de agosto de 2012]
4. <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/33372B268.pdf>
5. Corporación Autónoma Regional de Risaralda, 2012. (Online) <www.carder.gov.co/documentos/2984_Plan_de_manejo_PMN_Campoalegre.pdf> [Consultada: Jueves, 16 de agosto de 2012]
6. Prácticas de Química, Eliminación de Contaminantes: Test de Jarras y Adsorción (Online) <<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/quimica-ii/practicas-1/PR-F-005.pdf>> [Consultada: Jueves, 06 de septiembre de 2012]

ANEXOS

Anexo N° 1

**PRESUPUESTO PARA EL
DESARROLLO DE LA TESIS**

PRESUPUESTO.

Servicios: Movilidad, asesoría interna y externa, otros.


El costo aproximado para realizar este trabajo de Investigación es de S/. 15,000.00, que será financiado en un 60%, por la E.P.S. Chavín S.A., a través de las gestiones realizadas y el 40% será cubierto por parte del Tesista.

DEDICACIÓN	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
Tesista	Elaboración del tema de tesis	día	120	40	4800
Asesor	Asesoría	día	20	70	1400
Ayudantes	Apoyo	día	20	30	600
MATERIALES	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
Wincha 50 m	Med. Distan.	unidad	1	20	20
Material bibliográfico	Consulta	unidad	3	80	240
Equipo de protección personal	Proceso del Proyecto	unidad	1	200	200
Otros	Imprevisto	unidad	1	400	400
BIENES	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
Cámara fotográfica	Proceso del Proyecto	día	25	20	500
Alquiler de equipo fotogr	Proceso del Proyecto	día	2	250	500
Proyector	Proceso del Proyecto	día	3	150	450
SERVICIOS	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
Viajes	Consulta	viaje	4	200	800
Análisis de Muestras	Análisis	unidad	1	2400	2400
Fotocopiados	Proceso del Proyecto	ciento	2	50	100
Impresión de 1° Borrador	Proceso del Proyecto	unidad	4	60	240
Impresión del documento final	Proceso del Proyecto	unidad	4	60	240
Trámite para la sustentación del Proyecto	Trámite	global	1	750	750

Sub total S/ =	13640
Imprevistos (10 %) S/ =	1364
Total S/=	15004

Anexo N° 2

**CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
DE LOS EQUIPOS DE
LABORATORIO**

 eps chavin s.a.	CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN	04 RG GO CM
---	---	--------------------

N° *ce-056/14*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Decalimetro

Código: PH003-CAB

Modelo: PH100 - YSI

N° de serie: JC02191

Rango de Trabajo: 0 - 14 Uuid

Lugar de Instalación: Labo. Cont. de Calidad

Expirando: 19.10.2014

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Buffer pH = 7.00 pH = 4.01

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
7.00 +/- 0.02 Uuid	A 2283	Octubre 2014
4.01 +/- 0.02 Uuid	A 2283	Octubre 2016

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:


Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
7.00 +/- 0.02 Uuid	7.01	7.03	7.02	7.02
4.01 +/- 0.02 Uuid	3.98	4.01	4.03	4.006

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: 20 de Agosto - 2014


eps chavin s.a.
Wilton Mera Urbano
Jefe de la Unidad de Control de Calidad
Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° @c-073/2014

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Peachimetro Digital
Código: DH003-LAB
Modelo: PH 100 - YSI
N° de serie: JCO2191
Rango de Trabajo: 0 - 14 Uuid
Lugar de Instalación: Lab. Q. Calidad
Procedimiento: 198060CC

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Solución Buffer PH = 7.00 PH = 4.01

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<u>7.00 +/- 0.02 Uuid.</u>	<u>A22B3</u>	<u>Octubre 2014</u>
<u>4.01 +/- 0.02 "</u>	<u>A22B3</u>	<u>Octubre 2016</u>

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<u>7.00 +/- 0.02 Uuid</u>	<u>7.01</u>	<u>7.02</u>	<u>7.02</u>	<u>7.016</u>
<u>4.01 +/- 0.02 "</u>	<u>4.00</u>	<u>4.00</u>		

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leído por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación.

FECHA DE CALIBRACIÓN: 13 de Octubre 2014



eps chavin s.a.

Blgo. Mblgo. Wilson Mera Linares
Jefe de la Unidad de Control de Calidad
Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavin s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CC - 075 / 2014

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Peachimetro
 Código: PH00B-LAB
 Modelo: PH-208 pH Meter
 N° de serie: AZ-62628
 Rango de Trabajo: 0 - 14 Uuid.
 Lugar de Instalación: Lab. Control de Calidad
 Redimiendo: 1970600C

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Buffer pH = 7.00 pH = 4.01 Uuid

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
7.00 +/- 0.02 Uuid	A 2283	Octubre 2014
4.01 +/- 0.02 "	A 2283	Octubre 2014

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
7.00 +/- 0.02 Uuid	7.02	7.02	7.01	7.013
4.01 +/- 0.02 "	4.00	4.00	4.00	4.00

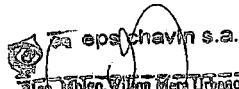
Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN:

27 de Octubre 2014



Ing. Rodrigo Vilma Pérez Urbino
Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavín s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-015/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Potenciómetro Digital*
 Código: *PH 007-LAB*
 Modelo: *PH-208 pH Meter*
 N° de serie: *AE-67628*
 Rango de Trabajo: *0-14 Uuid*
 Lugar de Instalación: *Lab. C. Calidad*
 Procedimiento: *191060CC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Buffer pH=7.00 pH=4.01 Uuid.

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>7.00 +/- 0.02 Uuid</i>	<i>1503116</i>	<i>20-04-2017</i>
<i>4.01 +/- 0.02 "</i>	<i>1464565</i>	<i>10-08-2016</i>

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>7.00 +/- 0.02 Uuid</i>	<i>7.00</i>	<i>7.02</i>	<i>7.02</i>	<i>7.013</i>
<i>4.01 +/- 0.02 Uuid</i>	<i>4.01</i>	<i>3.99</i>	<i>3.98</i>	<i>3.993</i>

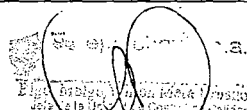
Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de tolerancia.

FECHA DE CALIBRACIÓN:

26 de Febrero 2015



Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N°

00 - 034 / 2015

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Poachimetro Digital
 Código: PH007-LAB
 Modelo: PH-208 pH Meter
 N° de serie: AE-67628
 Rango de Trabajo: 0-14 unid.
 Lugar de Instalación: Lab. C. Calidad
 Procedimiento: 19106000

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Solución Buffer pH=7.00 pH=4.01.

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
7.00 +/- 0.02 Unid	1503116	20-04-2017
4.01 +/- 0.02 "	1464565	18-08-2016

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

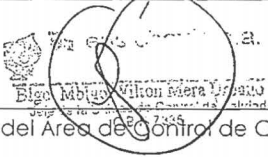
Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
7.00 +/- 0.02 Unid	7.01	7.01	7.01	7.01
4.01 +/- 0.02 Unid	4.01	4.00	3.99	4.00

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de tolerancia.

FECHA DE CALIBRACIÓN: 27 de Abril 2015


 Jefe del Área de Control de Calidad

	CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN	04 RG GO CM
---	---	--------------------

N° *CE-052/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo:

Código:

Modelo:

N° de serie:

Rango de Trabajo:

Lugar de Instalación:

Procedimiento:

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
7.00 ± 0.02 Unidad	1503116	20 de Julio 2017
4.01 ± 0.02 "	1464565	18 de Agosto 2016

EXACTITUD

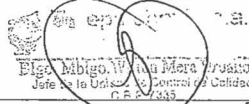
Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1.	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
7.00 ± 0.02 Unidad	7.01	7.03	7.02	7.02
4.01 ± 0.02 Unidad	3.98	4.01	4.01	4.00

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

FECHA DE CALIBRACIÓN:



Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CE-071/14

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Conductímetro Digital
 Código: 00004-LAB
 Modelo: EC300 YSI
 N° de serie: 7C02777
 Rango de Trabajo:
 Lugar de Instalación: Lab. C. Calidad
 P. Edificio: 19J060CE

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Serie Standard de 100 us/cm Termos

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<u>1413.8 us/cm</u>	<u>2011</u>	<u>Diciembre-2014</u>

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<u>1413.8 us/cm</u>	<u>1414.4</u>	<u>1415</u>	<u>1417</u>	<u>1415.5</u>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento no concuerdan dentro del campo de variación.

FECHA DE CALIBRACIÓN:

09 de Octubre 2014



eps chavin s.a.

Dr. Wilton Mera Urbano

Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavín s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-037/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Conductímetro Digital*

Código: *CD 004-LAB*

Modelo: *EC 300 YSI*

N° de serie: *JC02777*

Rango de Trabajo:

Lugar de Instalación: *Lab. C. Calidad*

Procedimiento: *191060CC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Solue. Estándar de 100 µs/cm

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>100 µs/cm</i>		<i>15-01-2016</i>

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

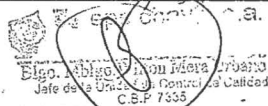
Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>100 µs/cm</i>	<i>98.4</i>	<i>99.2</i>	<i>99.5</i>	<i>99.03</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: *30 de Abril 2015*



Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-054/14*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Spécialo Direct Heat*
 Código: *EC001-LAB*
 Modelo: *Merck*
 N° de serie: *SND5887*
 Rango de Trabajo: *Segun Parametro de Calibración*
 Lugar de Instalación: *Lab. Cont. de Calidad*
 F ledimiendo: *1910GOC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Standard de Al, Mn, Fe

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>Al = 0.50 mg/lit</i>		
<i>Mn = 0.50 mg/lit</i>		
<i>Fe = 0.55 mg/lit</i>		<i>Setiembre 2014</i>

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>Al = 0.50 mg/lit</i>	<i>0.46</i>	<i>0.46</i>	<i>0.48</i>	<i>0.466</i>
<i>Mn = 0.50 mg/lit</i>	<i>0.46</i>	<i>0.45</i>	<i>0.47</i>	<i>0.46</i>
<i>Fe = 0.55 mg/lit</i>	<i>0.52</i>	<i>0.53</i>	<i>0.52</i>	<i>0.523</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento no exceden dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN:

30 de Julio 2014



Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavin s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-031/2014*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Spectro Circuit Analy*
 Código: *EC 001-LA13*
 Modelo: *Merck*
 N° de serie: *5N05887*
 Rango de Trabajo: *Segun Parametro de Calibración*
 Lugar de Instalación: *Lab. de Control de Calidad*
 Procedimiento: *19.FOG.00C*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Standard de Al, Mn, Fe

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>Al = 0.50 mg/pla</i>		
<i>Mn = 0.50 mg/pla</i>		
<i>Fe = 0.50 mg/pla</i>		<i>Setiembre 2014</i>

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>Al = 0.50 mg/pla</i>	<i>0.42</i>	<i>0.44</i>	<i>0.42</i>	<i>0.43</i>
<i>Mn = 0.50 mg/pla</i>	<i>0.40</i>	<i>0.42</i>	<i>0.44</i>	<i>0.42</i>
<i>Fe = 0.50 mg/pla</i>	<i>0.50</i>	<i>0.52</i>	<i>0.52</i>	<i>0.50</i>

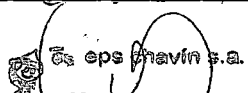
Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del campo de Variación

FECHA DE CALIBRACIÓN:

27 de Octubre 2014



Edo. Wilton Huan Yáñez
Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *ec-007/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Spectro Cuantit Multi*
Código: *EC001-LAB*
Modelo: *Merck*
N° de serie: *JN05887*
Rango de Trabajo: *Según Parámetro de Calibración*
Lugar de Instalación: *Lab. de Control de Calidad*
Procedimiento: *1930 GOCCE*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Standard de Al, Mn, Fe

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>Al = 0.50 mg/L</i>	<i>A4225</i>	<i>Agosto 2017</i>
<i>Mn = 0.50 "</i>	<i>A2200</i>	<i>Dic. - 2016</i>
<i>Fe = 0.55 "</i>	<i>A4183</i>	<i>Julio 2019</i>

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

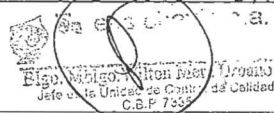
Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>Al = 0.50 mg/L</i>	<i>0.43</i>	<i>0.44</i>	<i>0.45</i>	<i>0.44</i>
<i>Mn = 0.50 "</i>	<i>0.45</i>	<i>0.46</i>	<i>0.45</i>	<i>0.453</i>
<i>Fe = 0.55 "</i>	<i>0.51</i>	<i>0.52</i>	<i>0.53</i>	<i>0.52</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de verificación

FECHA DE CALIBRACIÓN: *30 de Enero 2015*



Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-039/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Spectro Arcenet Melby*
Código: *EC001-LAB*
Modelo: *Merck*
N° de serie: *SN05887*
Rango de Trabajo: *Series Parámetros de Calibrec*
Lugar de Instalación: *Lab de Control de Calidad*
Procedimiento: *1910G0CC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Soluciones Estándar de Al Mn Fe

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>Al = 0.50 mg/l</i>	<i>A 4225</i>	<i>AGO - 2017</i>
<i>Mn = 0.50 mg/l</i>	<i>A 2200</i>	<i>DIC - 2016</i>
<i>Fe = 0.50 "</i>	<i>A 4183</i>	<i>JUL - 2019</i>

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>Al = 0.50 mg/l</i>	<i>0.42</i>	<i>0.45</i>	<i>0.47</i>	<i>0.446</i>
<i>Mn = 0.50 mg/l</i>	<i>0.46</i>	<i>0.44</i>	<i>0.47</i>	<i>0.456</i>
<i>Fe = 0.50 "</i>	<i>0.52</i>	<i>0.54</i>	<i>0.52</i>	<i>0.53</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: *30 de Abril 2015*

eps chavin s.a.
Elgo, Mabillo, Vilan Miera, Urquiza
Jefe de la Unidad de Control de Calidad

Jefe del Área de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CC - 055/14

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Conductimetro Digital
 Código: YU009-LAB
 Modelo: 2100Q Hoch
 N° de serie: 12060C017999
 Rango de Trabajo: 0-1000 NTU
 Lugar de Instalación: Lab. Q. Calidad
 Redimiendo: 197060CC

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Formazina

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
0.10 NTU	A3070	Diciembre 2014
20 NTU	A3070	11
100 NTU	A3070	11
800 NTU	A3070	11

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
0.10 NTU	0.14	0.14	0.12	0.133
20 NTU	19.0	19.2	19.4	19.2
100 NTU	102	101	100	101
800 NTU	845	820	820	828.3

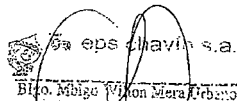
Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

[Empty box for tolerance]

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: 28 de AGOSTO 2014



Jefe del Area de Control de Calidad



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *CC-1029/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *turbidímetro Digital*
Código: *70001-LAB*
Modelo: *2100Q - Hach*
N° de serie: *12060C 017999*
Rango de Trabajo: *0 - 1000 NTU*
Lugar de Instalación: *Lab. de Control de Calidad*
Identificación: *191060CC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Formazina Hach

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>< 0.1 NTU</i>	<i>A 4260</i>	<i>Diciembre 2015</i>
<i>20 NTU</i>	<i>A 4261</i>	<i>" "</i>
<i>100 NTU</i>	<i>A 4260</i>	<i>" "</i>
<i>800 NTU</i>	<i>A 4259</i>	<i>" "</i>

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>< 0.10 NTU</i>	<i>0.10</i>	<i>0.12</i>	<i>0.11</i>	<i>0.11</i>
<i>20 NTU</i>	<i>21.5</i>	<i>21.5</i>	<i>21.7</i>	<i>21.56</i>
<i>100 NTU</i>	<i>98.0</i>	<i>98.7</i>	<i>99.0</i>	<i>98.51</i>
<i>800 NTU</i>	<i>805</i>	<i>804</i>	<i>804</i>	<i>804.2</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se
se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: *20 de Abril 2015*



Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavin s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CE-053/14

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Bobineta Digital
 Código: 06001-LAB
 Modelo: Pocket II Hoch
 N° de serie: 12070E202699
 Rango de Trabajo: 0-22 mg/lit.
 Lugar de Instalación: Laborat. C. Calidad
 P. Redimiendo: 19706000

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Kit Estándar Secundario Hoch

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
0.22 +/- 0.09 mg/lit	A2277 B	Octubre 2014
0.90 +/- 0.10 "	A2277 B	"
1.64 +/- 0.14 "	A2277 B	"

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
0.22 +/- 0.09 mg/lit	0.25	0.24	0.24	0.243
0.90 +/- 0.10 "	0.92	0.92	0.92	0.92
1.64 +/- 0.14 "	1.66	1.66	1.66	1.66

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: 30 de Julio 2014



B'no. M'lg'o. Wilton Mora Urbino
Jefe de la Unidad de Control de Calidad

Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavín s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CC - 074 / 2014

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: Aborimetro Digital
 Código: CL001-LAB
 Modelo: Pocket II Hach
 N° de serie: 12070E202699
 Rango de Trabajo: 0 - 2.0 mg/lit
 Lugar de Instalación: Lab. de Control de Calidad
 Cedimiendo: 1930G0CC

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Kit Standard Secundario Hach

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
0.22 +/- 0.09 mg/lit	A 2277B	Octubre 2014
0.90 +/- 0.10 "	A 2277B	"
1.64 +/- 0.14 "	A 2277B	"

EXACTITUD

Se probó con los estandares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
0.22 +/- 0.09 mg/lit	0.25	0.25	0.24	0.246
0.90 +/- 0.10 "	0.92	0.92	0.92	0.92
1.64 +/- 0.14 "	1.66	1.66	1.67	1.663

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran
dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: 13 de Octubre 2014

eps chavín s.a.
 Blvd. Mblgo. Wilson Mora Urbano
 Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavín s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° CC - 008 / 2015

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: velocímetro Digital
 Código: 02001-LAB
 Modelo: Rocket II Hach
 N° de serie: 12070E202699
 Rango de Trabajo: 0-2.2 mg/lt
 Lugar de Instalación: Lab. C. de Calidad
 Procedimiento: 1910 GDC

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Kit Estándares Secundario Hach

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
0.21 +/- 0.09 mg/lt.	A 4246	Septiembre - 2015
0.95 +/- 0.10 " "	A 4246	" "
1.65 +/- 0.14 " "	A 4246	" "

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

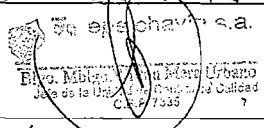
Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
0.21 +/- 0.09 mg/lt.	0.19	0.20	0.19	0.193
0.95 +/- 0.10 " "	0.94	0.94	0.94	0.94
1.65 +/- 0.14 " "	1.62	1.63	1.62	1.623

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: 30 Enero 2015



Jefe del Área de Control de Calidad



eps chavín s.a.

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

04 RG GO CM

N° *ec-038/2015*

Mediante el presente documento se deja constancia que EPS CHAVIN S.A., ha realizado la calibración del siguiente instrumento.

Equipo: *Colorímetro Digital*
 Código: *CL001-LAB*
 Modelo: *ROCKET II High*
 N° de serie: *12070E202699*
 Rango de Trabajo: *0 - 2.2 mg/l*
 Lugar de Instalación: *Lab. Control de Calidad*
 Procedimiento: *191060 CC*

Esta calibración fue realizada usando un juego de Estándares de:

Ref estándares Secundario Hoch

Valor del Estándar	Numero de Lote	Fecha de Expiración
<i>0.21 +/- 0.09 mg/l</i>	<i>A 4246</i>	<i>Setiembre 2016</i>
<i>0.95 +/- 0.10 "</i>	<i>A 4246</i>	<i>" "</i>
<i>1.65 +/- 0.14 "</i>	<i>A 4246</i>	<i>" "</i>

EXACTITUD

Se probó con los estándares mostrados en la tabla. Los Resultados fueron los siguientes:

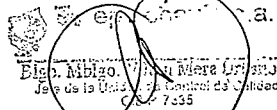
Valor del Estándar	Valor leído 1	Valor leído 2	Valor leído 3	Promedio
<i>0.21 +/- 0.09 mg/l</i>	<i>0.22</i>	<i>0.22</i>	<i>0.22</i>	<i>0.22</i>
<i>0.95 +/- 0.10 mg/l</i>	<i>0.94</i>	<i>0.95</i>	<i>0.95</i>	<i>0.946</i>
<i>1.65 +/- 0.14 mg/l</i>	<i>1.63</i>	<i>1.63</i>	<i>1.64</i>	<i>1.631</i>

Siendo la tolerancia permisible de este equipo de:

CONCLUSIÓN:

Los valores leídos por el instrumento se encuentran dentro del rango de variación

FECHA DE CALIBRACIÓN: *30 de Junio 2015*



Jefe del Área de Control de Calidad

Lima, 11 de septiembre de 2014

Señores
EPS CHAVIN S.A.
Ciudad.-

CERTIFICADO DE GARANTÍA

Usted ha adquirido el(los) equipo(s):

Un Turbidímetro metro marca LUTRON

Por el(los) cual(es) otorgamos garantía de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega. Consta de: 01 Turbidímetro marca Lutrón Electronics, modelo TU-2016 con número de serie AG-23671

Asimismo, garantizamos que el equipo está libre de defectos materiales, de mano de obra y está en condiciones óptimas de funcionamiento acorde con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso contrario nos comprometemos a la inmediata sustitución del bien.

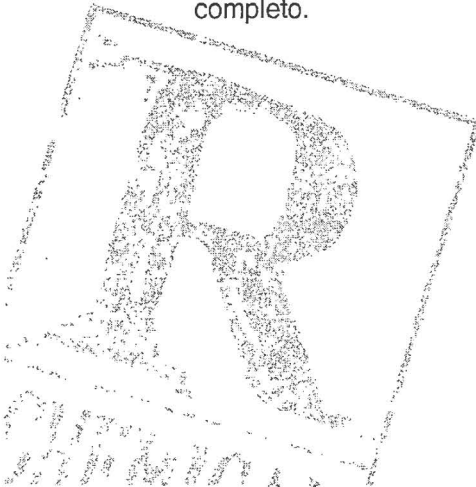
Esta garantía cubre defectos de fabricación y sólo será válida si se verifica que los equipos no han sido abiertos por personal ajeno o no autorizado por nuestra empresa: R-Chemical S.A.C.

Esta garantía no cubre:

- Uso inadecuado del equipo
- Empleo de fuente de energía inapropiado
- Violación del sello de seguridad
- Revisión y/o manipulación por personal no autorizado.
- Defectos causados por accidentes, caídas, incendios, daños maliciosos, vandalismo.
- Fallas causadas por fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, etc.

Hacemos notar que, para poder transportar la unidad con seguridad en el futuro, recomendamos que guarde la caja de cartón y los materiales de relleno, a fin de asegurar el reempaque.

R-Chemical S.A.C. agradece su confianza y preferencia y queda a su disposición para brindarle en caso de necesitarlo, el Servicio Técnico profesional más eficiente y completo.



R-CHEMICAL S.A.C.


SILVANA U. QUIJANDRIA CASANOVA
Representante Legal

Calle 10 N° 166 Of. 301, San Borja - Lima 41
Telf.: (51-1) 255-6171 Nextel: 132*8697 / RPM: *420986
ventas@r-chemical.com / www.r-chemical.com

Lima, 11 de septiembre de 2014

Señores
EPS CHAVIN S.A.
Ciudad.-

CERTIFICADO DE GARANTÍA

Usted ha adquirido el(los) equipo(s):

Un pH metro marca LUTRON

Por el(los) cual(es) otorgamos garantía de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega. Consta de: 01 Ph metro marca Lutrón Electronics, modelo PH-208 con número de serie AE-03178

Asimismo, garantizamos que el equipo está libre de defectos materiales, de mano de obra y está en condiciones óptimas de funcionamiento acorde con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso contrario nos comprometemos a la inmediata sustitución del bien.

Esta garantía cubre defectos de fabricación y sólo será válida si se verifica que los equipos no han sido abiertos por personal ajeno o no autorizado por nuestra empresa: **R-Chemical S.A.C.**

Esta garantía no cubre:

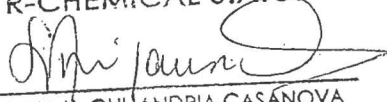
- Uso inadecuado del equipo
- Empleo de fuente de energía inapropiado
- Violación del sello de seguridad
- Revisión y/o manipulación por personal no autorizado.
- Defectos causados por accidentes, caídas, incendios, daños maliciosos, vandalismo.
- Fallas causadas por fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, etc.

Hacemos notar que, para poder transportar la unidad con seguridad en el futuro; recomendamos que guarde la caja de cartón y los materiales de relleno, a fin de asegurar el reempaque.

R-Chemical S.A.C. agradece su confianza y preferencia y queda a su disposición para brindarle en caso de necesitarlo, el Servicio Técnico profesional más eficiente y completo.



R-CHEMICAL S.A.C.


SILVANA U. QUIJANDRIA CASANOVA
Representante Legal

Calle 10 N° 166 Of. 301, San Borja - Lima 41
Telf.: (51-1) 255-6171 Nextel: 132*8697 / RPM: *420986
ventas@r-chemical.com / www.r-chemical.com

Lima, 11 de septiembre de 2014

Señores
EPS CHAVIN S.A.
Ciudad.-

CERTIFICADO DE GARANTÍA

Usted ha adquirido el(los) equipo(s):

Un pH metro marca LUTRON

Por el(los) cual(es) otorgamos garantía de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega. Consta de: 01 Ph metro marca Lutrón Electronics, modelo PH-208 con número de serie AE-67629

Asimismo, garantizamos que el equipo está libre de defectos materiales, de mano de obra y está en condiciones óptimas de funcionamiento acorde con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso contrario nos comprometemos a la inmediata sustitución del bien.

Esta garantía cubre defectos de fabricación y sólo será válida si se verifica que los equipos no han sido abiertos por personal ajeno o no autorizado por nuestra empresa: **R-Chemical S.A.C.**

Esta garantía no cubre:

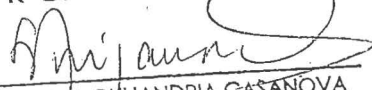
- Uso inadecuado del equipo
- Empleo de fuente de energía inapropiado
- Violación del sello de seguridad
- Revisión y/o manipulación por personal no autorizado.
- Defectos causados por accidentes, caídas, incendios, daños maliciosos, vandalismo.
- Fallas causadas por fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, etc.

Hacemos notar que, para poder transportar la unidad con seguridad en el futuro, recomendamos que guarde la caja de cartón y los materiales de relleno, a fin de asegurar el reempaque.

R-Chemical S.A.C. agradece su confianza y preferencia y queda a su disposición para brindarle en caso de necesitarlo, el Servicio Técnico profesional más eficiente y completo.



R-CHEMICAL S.A.C.


SILVANA U. QUIJANDRIA CASANOVA
Representante Legal

Lima, 11 de septiembre de 2014

Señores
EPS CHAVIN S.A.
Ciudad.-

CERTIFICADO DE GARANTÍA

Usted ha adquirido el(los) equipo(s):

Un pH metro marca LUTRON

Por el(los) cual(es) otorgamos garantía de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega. Consta de: 01 Ph metro marca Lutrón Electronics, modelo PH-208 con número de serie AE-67628

Asimismo, garantizamos que el equipo está libre de defectos materiales, de mano de obra y está en condiciones óptimas de funcionamiento acorde con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso contrario nos comprometemos a la inmediata sustitución del bien.

Esta garantía cubre defectos de fabricación y sólo será válida si se verifica que los equipos no han sido abiertos por personal ajeno o no autorizado por nuestra empresa: R-Chemical S.A.C.

Esta garantía no cubre:

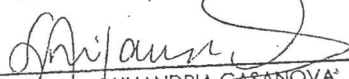
- Uso inadecuado del equipo
- Empleo de fuente de energía inapropiado
- Violación del sello de seguridad
- Revisión y/o manipulación por personal no autorizado.
- Defectos causados por accidentes, caídas, incendios, daños maliciosos, vandalismo.
- Fallas causadas por fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, etc.

Hacemos notar que, para poder transportar la unidad con seguridad en el futuro, recomendamos que guarde la caja de cartón y los materiales de relleno, a fin de asegurar el reempaque.

R-Chemical S.A.C. agradece su confianza y preferencia y queda a su disposición para brindarle en caso de necesitarlo, el Servicio Técnico profesional más eficiente y completo.




R-CHEMICAL S.A.C.


SILVANA U. QUIJANDRIA CASANOVA
Representante Legal

Calle 10 N° 166 Of. 301, San Borja - Lima 41
Telf.: (51-1) 255-6171 Nextel: 132*8697 / RPM: *420986
ventas@r-chemical.com / www.r-chemical.com

Anexo N° 3

**CERTIFICADOS DE LAS
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE
LOS INSUMOS UTILIZADOS**

	MANUAL DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE INSUMOS	Código : KAAR-ETC02 Versión : 01-2
	HIDROXIDO DE CALCIO	Fecha : 10/10/2013 Página : 1 de 1

1. **Producto:** Hidróxido de Calcio
2. **Formula Química:** $\text{Ca}(\text{OH})_2$
3. **Otras Denominaciones:** Cal Hidratada, Cal Apagada, Cal Nieve.
4. **Especificaciones Técnicas:**

Características	Limites	Unidad	Métodos de Ensayo
Humedad (105°C)	Max. 1.0	%	
Insolubles en Acido	Max. 1.0	%	
Calcio Total	Min. 70.2	%	Volumetría
Magnesio	Max. 0.8	%	Absorción Atómica
Sulfato	Max. 0.05	%	Nefelometría
Cal Útil (como CaO)	Min. 66.9	%	Sacarosa
Hierro	Max. 0.06	%	Absorción Atómica
Color	Blanco	-	--
Granulometría (ASTM)	Pasante	%	
Malla 100	100	%	

5. Presentaciones

Sacos de 30, 40, 50 Kg ó big bags de 1.0 tonelada.

NOTA: Este documento ha sido elaborado en base a resultados obtenidos del Laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Ing. Karlo A. Aquino Romero
Gerente General
KAAR Inversiones E.I.R.L.
Móvil 995747104
Email: kaquino@kaarinversiones.com



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE UNA MUESTRA DE CAL

SOLICITADO POR : KAAR INVERSIONES EIRL

RECEPCIÓN DE MUESTRA : Lima, 13 de Diciembre del 2013

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA DE CAL

Humedad (105°C)	0.001 %
CaO total	84.82 %
CaO útil	81.04 %
CaCO ₃	6.75 %
MgCO ₃	1.10 %
Residuo insoluble en ácidos	2.39 %
Fe	0.15 %
Mg	0.32 %
SO ₃	0.002 %

Métodos : CaO total -Volumetría , CaO útil método de la sacarosa
CaCO₃ -Gravimetría ,
Fe ,Mg -Absorción Atómica. SO₃ - Nefelometría.

Lima, 20 de Diciembre del 2013



[Firma]
Atilla Mendoza /
Lb. Espectrometría

INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUIMICA ANDINA S.A.C.

Av. Los Castillos Nº 311 – ATE – Lima . Teléfonos 436-5225 / 436-5048

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

1.- IDENTIFICACION:

Nombre del Producto : POLIFLOC* (marca registrada)
Policloruro de Aluminio
Tipos PAC 100 , PACSO 100

Descripción del Producto : Policloruro de Aluminio

Empresa : INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUIMICA ANDINA S.A.
Avda. de los Castillos 311.- Ate.- LIMA
Telef.: 4365225 - 4365048 Fax: 4364497

(* Marca Registrada)

2.- INFORMACION SOBRE INGREDIENTES

Ingredientes peligrosos : No contiene ingredientes peligrosos

3.- IDENTIFICACION DE PELIGROS

- No presenta peligro alguno para el hombre.

4.- MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Ingestión: No se anticipa que el producto sea lesivo por ingestión, sin embargo ocurrido el caso consultar con el médico.

Contacto con la piel:

Lavarse de inmediato con abundante agua y, si hubiere disponible, jabón

Contacto con los ojos:

Enjuagar inmediatamente con abundante agua por lo menos 15 minutos.

Inhalación:

No se anticipa que el producto sea lesivo por inhalación.
En prevención retirar a la víctima al aire libre.

5.- MEDIDAS CONTRA INCENDIO

Uso de extintores:

Utilizar extintores de agua de rociada, bióxido de carbono o agente químico seco

Equipamiento protector:

Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios independientes.

Peligros especiales:

Refrigerar los recipientes que estuvieran expuestos al fuego, rociando

agua sobre los mismos.

6.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN ACCIDENTAL

Precauciones personales:

Evítese derrames sobre la piel y los ojos.
Los derrames en el piso son muy resbalosos

Métodos para limpieza:

El producto puede causar peligro de resbalamiento.
El material derramado debe absorberse en un material inerte y recogerse.
Enjuagar con agua el área de derrame.
Si permanece resbaladizo, aplicar más compuesto de barrido en seco.
Prevenir el humedecimiento del producto
Usar botas impermeables.

7.- MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

Manejo:

No requiere medidas especiales..

Almacenamiento:

Para evitar la degradación del producto y la corrosión de equipos, no utilizar en contacto directo envases, contenedores, ni equipos de hierro, de cobre o aluminio.
El material es ligeramente higroscópico, por tanto no debe estar directamente expuestos en ambientes húmedos para evitar su degradación.

Temperatura de almacenamiento:

Recomendable de 19 a 50 °C, para preservar la integridad del producto; debiendo almacenarse bajo techo y en ambiente ventilado

8.- CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Parámetros de control:

Estos valores no fueron establecidos.

Medidas de Ingeniería:

Generalmente no hacen falta controles de ingeniería si se siguen buenas prácticas de higiene.

Protección respiratoria:

No se recomienda ninguna.

Protección para los ojos:

Usar protección ocular/facial.

Protección de la Piel:

Usar guantes impermeables de PVC, Polietileno o Neopreno.

Adicionales:

Antes de comer, beber o fumar, lavarse la cara y las manos con jabón y

agua en forma minuciosa.

9.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

COLOR	: Transparente o ligeramente grisáceo
ESTADO DEL MATERIAL	: Líquido
OLOR	: Sin olor
PUNTO DE EBULLICION	: aproximadamente 100 °C
PRESION DE VAPOR	: 24 mm. a 25°C
GRAVEDAD ESPECIFICA	: 1.330 – 1.380 grs/ml.
DENSIDAD DE VAPOR	: No aplicable.
% VOLATILIDAD(w/w)	: 50 (agua)
pH	: 2.3 – 2.8
RADIO DE EVAPORACION	: Igual que el agua
SOLUBILIDAD EN AGUA	: 100 %.
PUNTO DE INFLAMACION	: No aplicable.
LIMITE DE INFLAMABILIDAD	: No aplicable.
TEMP. AUTOIGNICION	: No aplicable
TEMP. DESCOMPOSICION	: No aplicable.

Máximo uso del producto en agua potable : 250mg/L.

10.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.**Estabilidad:**

Muy estable de 19 a 50 °C

Condiciones para evitar:

Exposición continua a altas temperaturas

Materiales para evitar:

Contacto con materiales oxidantes y productos caústicos.

Productos peligrosos de la descomposición:

Compuestos de cloro y óxidos metálicos.

11.- INFORMACION TOXICOLOGICA**Efectos potenciales para la Salud**

Ninguno

Datos sobre la toxicidad de los ingredientes peligrosos

No hay componentes peligrosos

12.- CONSIDERACIONES DE DISPOSICION

Deben observarse todas las reglamentaciones locales y nacionales.

13.- INFORMACION DE TRANSPORTE**ADR/RID**

No es aplicable

Información sobre embarque Internacionales IMO

NOMBRE DE EMPAQUE : No es aplicable/no regulado
 CLASE DE PELIGRO : No es aplicable
 CLASE SUBSIDIARIA : No es aplicable
 NUMERO ONU : No es aplicable
 GRUPO DE EMBALAJE : No es aplicable
 ROTULO DE TRANSPORTE EXIGIDO : Ninguno requerido

ICAO/IATA

NOMBRE DE EMPAQUE : No es aplicable/no regulado
 CLASE DE PELIGRO : No es aplicable
 CLASE SUBSIDIARIA : No es aplicable
 NUMERO ONU : No es aplicable
 GRUPO DE EMBALAJE : No es aplicable
 ROTULO DE TRANSPORTE EXIGIDO : Ninguno requerido

Información Adicional de Transporte

NOMBRE TECNICO (N.O.S.) : No es aplicable

15.- INFORMACION REGLAMENTARIA**Marcado y Rotulación del CEE:**

SIMBOLO : No requerido
 FRASES DE RIESGO : Ninguna
 FRASES DE SEGURIDAD : S82 Muy resbaloso en derrames sobre
 Superficies húmedas.

16.- OTRA INFORMACION

Ninguna.

Nota.- Esta información es proporcionada solamente para consideración, investigación y verificación, es proporcionada sin garantía o representación alguna. No asumimos ninguna responsabilidad legal por la misma.
ANTES DE USAR CUALQUIER PRODUCTO LEA SU ETIQUETA.



Industrial y Comercial Química Andina S.A.C.

Av. Los Castillos 311 - Urb. Sta. Rosa - Ate Vitarte Telf: 436-5225 / 436-5048 Fax: 436-4497

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

En nuestro Laboratorio de Control de Calidad, se han realizado los análisis químicos y físico químicos correspondientes al siguiente producto despachado:

PRODUCTO : POLIFLOC – TIPO PACSO 100-Ch
CLIENTE : E.P.S. CHAVIN S.A.
Nº DE GUIA : 003-0040413
LOTE DE PRODUCCIÓN : 0110/15
FECHA PRODUCCION : 08/01/15
CANTIDAD : 2,970 kg. (11 cilin. x 270 Kg.)

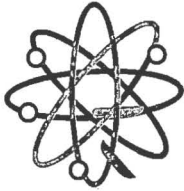
OBTENIÉNDOSE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS SIGUIENTES:

Aluminio	como	Al	11.48	%
Aluminio	como	Al ₂ O ₃	21.68	%
Cloruros	como	Cl	7.42	%
Basicidad	relación	OH/Al	88.45	%
Hierro	como	Fe	0.043	%
Plomo	como	Pb	0.26	ppm
Manganeso	como	Mn	5.12	ppm
Densidad a 24.6°C		gr/ml	1.348	
pH al 100 %			2.26	
Turbiedad		NTU	14.40	

De acuerdo a los resultados el producto cumple con las Normas Técnicas siguientes:
Peruana NTP 311.333.1999, USA ANSI/AWWA B408-98 y European Estándar DIN-EN 881:1997

Lima, 09 de Enero del 2015.


QUÍMICO Aurelio Pezo Iberico
CQP # 064
JEFE DE DESARROLLO Y CONTROL DE CALIDAD



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

CERTIFICADO DE CALIDAD

PRODUCTO : HIPOCLORITO DE CALCIO 70%
PRESENTACIÓN : TAMBOR
 45 KG 60KG
LOTE : SRHHL/06/2014
FECHA DE PRODUCCIÓN : JUNIO 2014
FECHA DE VENCIMIENTO : MAYO 2017
RESULTADOS DE ANALISIS :

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	%	70.89
Humedad	%	7.20
Pérdida de Estabilidad	%	6.70

GRANULOMETRÍA:

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Pasa malla # 100	%	1.12

* Certificamos que los datos corresponden al Certificado analítico recibido de nuestro Proveedor.
* Esta información no libera al cliente de hacer su propio control una vez recibida la mercadería.

QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
Zulma Villavicencio Massi
ZULMA VILLAVICENCIO MASSI
ANALISTA DE LABORATORIO

PQ000006 OC 1829

FECHA: 02/09/2014

qgventas@quimicosgoicochea.com

OFICINA PRINCIPAL: Av. Néstor Gambetta 150 - Callao Telef.: 614-4400 Fax: 614-4401
SUCURSAL: Psje. Morelos s/n Mz. C Lt. 6 y 7 - Urb. María Isabel - Cercado Arequipa Telefax: (054) 202-703
LIMA: RPM: #525791 Nextel 101*4338 AREQUIPA: RPM *518422 Nextel: 144*1603
WEB SITE: www.quimicosgoicochea.com



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

HIPOCLORITO DE CALCIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO

NOMBRE DEL PRODUCTO: Hipoclorito de Calcio Granulado 65-70%

SINÓNIMOS: Cloro Granulado, Cal Clorada, Cloruro De Cal, Oxidocloruro De Calcio, Sal De Calcio De Ácido Hipocloroso.

PROCEDENCIA: PLUSCHLOR – Nacional

VIGENCIA DEL PRODUCTO: 1 año a partir de la fecha de fabricación y en las condiciones de almacenamiento indicadas.

APLICACIÓN: Desinfectante, bactericida, algicida, fungicida y blanqueador. En procesos de desinfección, destrucción de efluentes cianurados, decoloración y desodorización de aguas industriales.

2. COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

DESCRIPCIÓN QUÍMICA: 65% - 70% w/w Hipoclorito de Calcio.

NÚMERO CAS: 7778-54-3

N° UN 1748

PG II

LIM EXP PERMISIBLE (8Hr/día) : No Establecido

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

RESUMEN PARA CASOS DE EMERGENCIA:

¡PELIGRO! AGENTE OXIDANTE FUERTE. CONTACTO CON OTRO MATERIAL PUEDE PROVOCAR FUEGO. CORROSIVO. CAUSA QUEMADURAS A CUALQUIER AREA DE CONTACTO. DAÑO SI SE TRAGASE O INHALASE. AGUA REACTIVO.

EFFECTOS POTENCIALES A LA SALUD:

Ingestión: Corrosivo. La ingestión puede producir quemaduras severas en la boca, garganta y estómago. Puede causar dolor de garganta, vómitos, diarrea. La ingestión puede causar la muerte.

Contacto con los ojos: Evite el contacto con los ojos, puede producir visión borrosa, enrojecimiento, dolor y severas quemaduras en los tejidos.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com E-mail: agventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.: 614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Pse. Morelos Mz: C.Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERU Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603

HOJA DE SEGURIDAD



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

PRODUCTO

HIPOCLORITO DE CALCIO

EXPLOSIÓN:

Los contenedores sellados pueden romperse con el calor. Puede ocurrir una explosión si se utiliza ya sea un extintor de tetracloruro de carbono o de compuesto de amonio seco para apagar un incendio involucrando hipoclorito de calcio. Sensible a los impactos mecánicos.

MEDIOS EXTINTORES DE INCENDIO:

Use gran cantidad de agua como niebla o spray para extinguir el fuego. Use rociado de agua para mantener fríos los envases expuestos. Evite el contacto directo con el agua; reacciona con agua y libera gas de cloro. Combata el incendio desde una localidad protegida o desde la máxima distancia posible. No utilice extintores de incendio de producto químico seco que contenga compuestos de amonio. No utilice extintores de incendio de tetracloruro de carbono. No deje que el escurrimiento de agua entre a las alcantarillas o vías de agua.

INFORMACIÓN ESPECIAL:

En el evento de un fuego, utilice vestidos protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

6. MEDIDAS DE DESCARGAS Y DERRAMES

Elimine todas las fuentes de encendido. Mantenga el agua alejada del material derramado. Ventile el área de la fuga o derrame. Use el equipo de protección personal apropiado tal como se especifica en la Sección 8. Derrames: limpie los derrames de una manera que no disperse polvo al aire. Utilice herramientas y equipo que no produzcan chispas. Recoja el derrame para su recuperación o descarte y colóquelo en un envase cerrado. No lo selle herméticamente.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Mantenga en un recipiente fuertemente cerrado, almacene en un área fresca, seca y ventilada. Proteja del daño físico y de la humedad. Aísle de toda fuente de calor o ignición. Evite almacenarlo en pisos de madera. Separe de materiales incompatibles, combustibles, orgánicos u otros materiales fácilmente oxidables. Los recipientes de este material pueden ser peligrosos al vaciarse puesto que retienen residuos del producto (polvo, sólidos); observe todas las advertencias y precauciones listadas para el producto.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Sistema de Ventilación:

Se recomienda un sistema de ventilación local y/o general para mantener la concentración por debajo del límite recomendado de exposición (TWA 3mg/m³)

Más Información: www.quimicosgoicochea.com E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERU Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972780333 NEXTEL: 444-1603



QUIMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS

HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

HIPOCLORITO DE CALCIO

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:

Se descompone rápidamente al exponerse al aire. Podría descomponerse violentamente si se expone al calor o a la luz directa del sol. Térmicamente inestable; se descompone a los 170°C.

Productos Peligrosos de Descomposición:

El hipoclorito de calcio libera oxígeno, cloro y monóxido de cloro.

Polimerización Peligrosa:

No ocurrirá.

Incompatibilidades:

El hipoclorito de calcio es un oxidante fuerte. Reacciona con agua y ácidos liberando gas de cloro. Forma compuestos explosivos con amoníaco y aminas.

Incompatible con materias orgánicas, compuestos de nitrógeno y materiales combustibles.

Condiciones a Evitar:

Calor, llamas, humedad, polvo, fuentes de ignición y choque e incompatibles.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Oral aguda LD50 (rata):	>300 a 2000 mg/Kg
Categoría toxicológica	4.
Dermal DL50 (rata)	>2000 mg/Kg
Categoría toxicológica	5.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad en peces: Altamente tóxica para la vida acuática (R50): LC50 (96 horas) 0.088 mg/L.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambaña 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Pje. Morelos Mz. C.L. C-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#512422 RPC: 972730333 NEXTEL: 188-1603



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

HIPOCLORITO DE CALCIO

ETIQUETA DE ADVERTENCIA DE PELIGRO

¡PELIGRO! OXIDANTE FUERTE. EN CONTACTO CON OTRO MATERIAL PUEDE PROVOCAR FUEGO. CORROSIVO. CAUSA QUEMADURAS A CUALQUIER ÁREA de CONTACTO. DAÑO SI SE TRAGASE O INHALASE. AGUA REACTIVO.

ETIQUETA DE PRECAUCIONES

No permita contacto con vestimentos y otros materiales combustibles.

Almacene en un recipiente fuertemente cerrado.

Quitarse y lavar vestimenta contaminada rápidamente.

No almacene cerca de materiales combustibles.

No llevar a los ojos, piel, o vestimentos.

No respirar polvo o vapor.

Mantenga recipiente cerrado.

Utilice solamente con ventilación adecuada.

Lave completamente después de manipuleo.

No haga contacto con agua.

ETIQUETA DE PRIMEROS AUXILIOS

Si tragara, NO INDUCIR EL VOMITO. Dar cantidades grandes de agua. Nunca dar nada por boca a una persona inconsciente. Si inhalara, retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si respiración fuera difícil, dar oxígeno. Si hubo contacto, lave los ojos o piel con inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa contaminada antes de usarla nuevamente. En todos los casos, busque atención médica inmediatamente.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Todas las acciones relacionadas con el uso, manipulación y disposición del producto, deben llevarse a cabo de acuerdo con las reglamentaciones locales, nacionales y de ser necesario con las internacionales existentes.

Más información: www.quimicosgoicochea.com - E-mail: ggventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 - CALLAO Telf:

614-4400 Fax: 614-4401

RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Pje. Morelos Mz. C11-6-7 Urb. María Isabel

AREQUIPA - PERU Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:

#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

HIPOCLORITO DE CALCIO

MSHA	Mine Safety and Health Administration
MSDS	Material Safety Data Sheet
NFPA	National Fire Protection Association.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health de E.U.
NTP	Programa nacional de toxicología.
OSHA	Administración de seguridad y salud ocupacional de E.U.
PEL	Permissible Exposure Limit
PVC	Polyvinyl Chloride
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act.
RID	Reglamento internacional de transporte por ferrocarril de productos peligrosos.
SARA	Superfund Amendments and Reauthorization Act of the US EPA
STEL	Short Term Exposure Limit
TDG	Transportation of Dangerous Goods Act/Regulations
TLV	Threshold Limit Value (Valor límite de tolerancia en el ambiente de trabajo)
TSCA	Toxic Substances Control Act.
TWA	Time- Weighted Average; Límite de concentración promedia para un día normal de trabajo.
UN	Numero de las Naciones Unidas
TDL	Toxicidad dosis limitante. TD ₁₀ (toxic dose, lower). Mínima dosis reportada que causó efectos tóxicos.
AIHA	American Industrial Hygiene Association. Asociación estadounidense de higiene industrial.
WHMIS	Workplace Hazardous Materials Information System. Sistema de información sobre materiales peligrosos usados en el trabajo. Clasificación Canadiense de productos controlados.
CEPA	Canadian Environment Protection act. (Ley Canadiense de protección ambiental)
WGK	Riesgo de polución para el agua, según la legislación Alemana.
DSL	Lista Canadiense de Sustancias Domésticas.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com E-mail: ggventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 - CALLAO Telf: 614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel AREQUIPA - PERU Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM: #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603

ANEXO N° 1

FORMATO DE LA HOJA RESUMEN DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE

DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

NOMBRE O DENOMINACIÓN DEL REMITENTE (1)	TELÉFONO DEL REMITENTE (2)
QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C	614-4400

DENOMINACIÓN DEL MATERIAL O RESIDUO PELIGROSO A TRANSPORTAR (3) : Hipoclorito de Calcio Granulado 65-70%	CLASE	(4) NÚMERO CAS: 7778-54-3 Clase peligrosa: 5.1
	N°. ONU	(5) UN 1748
DESCRIPCIÓN (6) Polvo granulado de color blanco, soluble en agua, no higroscópico con olor característico de cloro o hipoclorito de sodio.		

PELIGROS	<p>(7) ¡PELIGRO! AGENTE OXIDANTE FUERTE. CONTACTO CON OTRO MATERIAL PUEDE PROVOCAR FUEGO.CORROSIVO. CAUSA QUEMADURAS A CUALQUIER AREA DE CONTACTO. DAÑO SI SE TRAGASE O INHALASE.AGUA REACTIVO.</p> <p>EFFECTOS POTENCIALES A LA SALUD:</p> <p>Ingestión: Corrosivo. La ingestión puede producir quemaduras severas en la boca, garganta y estómago. Puede causar dolor de garganta, vómitos, diarrea.</p> <p>Contacto con los ojos: Evite el contacto con los ojos, puede producir visión borrosa, enrojecimiento, dolor y severas quemaduras en los tejidos.</p> <p>Inhalación: Corrosivo. Irritante para la nariz y la garganta. Destructivo para los tejidos de las membranas de las mucosas y el tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación de ardor, tos, laringitis, ahogo, dolor de cabeza, náuseas y vómitos. La inhalación puede ser fatal como resultado de inflamación espasmódica, y edema de la laringe y bronquios, neumonía química y edema pulmonar.</p> <p>Contacto con la piel: Corrosivo. Pueden ocurrir síntomas de enrojecimiento, dolor y quemaduras severas.</p> <p>Exposición Crónica: Las exposiciones repetidas al hipoclorito de calcio podrían causar bronquitis con tos y/o insuficiencia respiratoria.</p> <p>No es combustible, pero es un fuerte oxidante y el calor de la reacción con agentes reductores o combustibles puede causar ignición, acelera el calentamiento. Térmicamente inestable a altas temperaturas, puede sufrir una acelerada descomposición con liberación de cloro y oxígeno.</p> <p>El hipoclorito de calcio es un oxidante fuerte. Reacciona con agua y ácidos liberando gas de cloro. Forma compuestos explosivos con amoníaco y aminas. Incompatible con materias orgánicas, compuestos de nitrógeno y materiales combustibles.</p>
EQUIPO DE PROTECCIÓN QUE DEBE LLEVAR EL VEHÍCULO (8)	<ul style="list-style-type: none"> - Un calzo de dimensiones apropiadas para el vehículo y el diámetro de las ruedas. - Señales de peligro (conos o triángulos de seguridad, etc). - Chaleco(s) o ropa fluorescente.

Anexo N° 4

**REPORTES DE ANÁLISIS
DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 3-11256/15

Pág. 1/3

Solicitante: **EPS CHAVIN S.A.**
 Domicilio legal: **Av. Diego Ferrer Nro. SN Barrio La Soledad - Huaraz - Huáraz**
 Producto Declarado: **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad de muestra para ensayo: **01 muestra x 5,5 L. aprox.**
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación: **En frasco de plástico, cerrado.**
 Identificación de la muestra: **EP-01-RIO AUQUI**
Lugar de muestreo: Huaraz
Fecha de muestreo: 21/05/15
 Fecha de recepción: **2015-05-22**
 Fecha de inicio del ensayo: **2015-05-22**
 Fecha de término del ensayo: **2015-05-28**
 Ensayo realizado en: **Laboratorio de Microbiología / Ambiental**
 Identificada con: **H/S 15005048. (-07600)**
 Validez del documento: **Este documento es válido solo para la muestra descrita.**
 Referencia: **Este Informe de Ensayo reemplaza al Informe 3-09867/15 emitido el día 04 de Junio de 2015**

Análisis Microbiológico:

Ensayos	Resultados
Coliformes totales (NMP/100mL)	< 1,8
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	< 1,8

Análisis Físico Químico:

Ensayos	Resultados	
Alcalinidad total (mg/L) (LD: 0,80 mg/L)	1,03	
Calcio (mg/L) (LD: 0,40 mg/L)	9,23	
Conductividad (µS/cm) (LD: 1,00 µS/cm)	121,0	
Dureza total (mg/L) (LD: 1,00 mg/L)	38,54	
pH (LD: 1,00 unidad de pH)	4,81	
Sólidos disueltos totales (mg/L) (LD: 2,5 mg/L)	81,7	
Color (UC) (LD: 1,00 UC)	< 1	
Turbiedad (NTU) (LD: 1,00 NTU)	2,21	
Aniones por Cromatografía Iónica	Cloruros (mg/L) (LD: 0,08 mg/L)	0,413
	Sulfatos (mg/L) (LD: 0,08 mg/L)	47,17
	Fluoruros (mg/L) (LD: 0,002 mg/L)	0,171
	Nitros (mg/L) (LD: 0,009 mg/L)	0,322
	Nitritos (mg/L) (LD: 0,007 mg/L)	< 0,007

LD: Límite de detección.



INFORME DE ENSAYO N° 3-11256/15
Metales totales por ICP-MS

Ensayos	Resultados
Litio (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	0,00735
Berilio (mg/L) (LD: 0,00015 mg/L)	< 0,00015
Boro (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	< 0,050
Sodio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	1,720
Magnesio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	2,908
Aluminio (mg/L) (LD: 0,00250 mg/L)	0,8378
Silicio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	3,779
Fósforo (mg/L) (LD: 0,500 mg/L)	< 0,500
Potasio (mg/L) (LD: 0,0500 mg/L)	0,6879
Calcio (mg/L) (LD: 0,250 mg/L)	9,258
Titanio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	0,00212
Vanadio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050
Cromo (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050
Manganeso (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	0,3315
Hierro (mg/L) (LD: 0,0500 mg/L)	0,5902
Cobalto (mg/L) (LD: 0,00030 mg/L)	0,00705
Niquel (mg/L) (LD: 0,00035 mg/L)	< 0,00035
Cobre (mg/L) (LD: 0,00030 mg/L)	0,00269
Zinc (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	0,09423
Arsénico (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050
Selenio (mg/L) (LD: 0,00250 mg/L)	< 0,00250
Estroncio (mg/L) (LD: 0,00045 mg/L)	0,04171
Molibdeno (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	0,00055
Plata (mg/L) (LD: 0,00005 mg/L)	< 0,00005
Cadmio (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	0,00038
Estaño (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	< 0,00025
Antimonio (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	< 0,00020
Teluro (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050

LD: Limite detección



INFORME DE ENSAYO N° 3-11256/15

Ensayos	Resultados
Bario (mg/L) (LD: 0,00015 mg/L)	0,00329
Wolframio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050
Mercurio (mg/L) (LD: 0,00005 mg/L)	0,00266
Talio (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	< 0,00025
Plomo (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	0,00094
Bismuto (mg/L) (LD: 0,00250 mg/L)	< 0,00250
Uranio (mg/L) (LD: 0,00005 mg/L)	< 0,00005
LD: Limite de detección	

Métodos: Coliformes totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9224 B, 22 nd Ed. 2012; Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Standard Total Coliform Fermentation Technique. Coliformes termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9224 E-1, 22 nd Ed. 2012; Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Fecal Coliform Procedures; Thermotolerant coliform test (EC medium). Alcalinidad total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2320 B 22 nd Ed. 2012; Alkalinity Titration Method. Calcio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 3500 Ca.B, 22 nd Ed. 2012; EDTA titrimetric method. Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510 B, 22 nd Ed. 2012; Conductivity Laboratory Method. Dureza total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2340 C, 22 nd Ed. 2012; Hardness EDTA Titrimetric Method. pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500 H-B, 22 nd Ed. 2012; pH Value, Electrode Method. Sólidos Disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540 C, 22 nd Ed. 2012; Solids, Total Dissolved Solids Dried, At 180 °C. Color: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2120, C, 22 nd Ed. 2012; Color Spectrophotometric - Single - Wavelength Method (Proposed). Turbiedad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130 B, 22 nd Ed. 2012; Turbidity, Nephelometric Method. Aniones por Cromatografía Iónica (Cloruros, Sulfatos, Fluoruros, Nitratos, Nitritos): EPA Method 300.0, 1993; Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. Metales Por ICP-MS: Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Niquel, Plata, Aluminio, Silicio, Fósforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Hierro, Cobalto, Cobre, Zinc, Selenio, Arsénico, Estroncio, Cadmio, Estaño, Antimonio, Teluro, Bario, Wolframio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Uranio; ISO 17294-2, 2003 Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of 62 elements.

OBSERVACIONES

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015
CERPER S.A.
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000 F. (511) 420 4128
info@cerper.com www.cerper.com

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F. (043) 314 620
info@cerper.com www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-11257/15

Pág. 1/3

Solicitante	EPS CHAVIN S.A.
Domicilio legal	Av. Diego Ferrer Nro. SN Barrio La Soledad - Huaraz - Huaraz
Producto Declarado	AGUA POTABLE
Cantidad de muestra para ensayo	01 muestra x 11 L. aprox. Muestra proporcionada por el Solicitante
Forma de Presentación	En frasco de plástico, cerrado.
Identificación de la muestra	AGUA FILTRADA PLANTA DE TRATAMIENTO-PILOTO DEL AGUA DEL RIO AQUI Lugar de muestreo: Huaraz Fecha de muestreo: 21/05/15 Según se indica
Fecha de recepción	2015-05-22
Fecha de inicio del ensayo	2015-05-22
Fecha de término del ensayo	2015-05-28
Ensayo realizado en	Laboratorio de Microbiología / Ambiental
Identificada con	H/S 15005048 (07600)
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita.
Referencia	Este Informe de Ensayo reemplaza al Informe 3-10175/15 emitido el día 04 de Junio de 2015.

Análisis Microbiológico:

Ensayos	Resultados	
	SP-02 SALIDA DE PLANTA ARENA FILTRO CUARZO	SP-03 SALIDA DE PLANTA CARBÓN FILTRO ACTIVADO
Coliformes totales (NMP/100ml)	< 1,1	< 1,1
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	< 1,1	< 1,1

Análisis Físico Químico:

Ensayos	Resultados		
	SP-02 SALIDA DE PLANTA ARENA FILTRO CUARZO	SP-03 SALIDA DE PLANTA CARBÓN FILTRO ACTIVADO	
Alcalinidad total (mg/L) (LD: 0,80 mg/L)	6,38	8,03	
Calcio (mg/L) (LD: 0,40 mg/L)	14,89	13,70	
Conductividad (µS/cm) (LD: 1,00 µS/cm)	127,5	127,4	
Dureza total (mg/L) (LD: 1,00 mg/L)	48,62	49,01	
pH (LD: 1,00 unidad de pH)	7,13	7,06	
Sólidos disueltos totales (mg/L) (LD: 2,5 mg/L)	85,9	85,1	
Color (UC) (LD: 1,00 UC)	< 1,00	< 1,00	
Turbiedad (NTU) (LD: 1,00 NTU)	< 1,00	< 1,00	
Aniones por Cromatografía Iónica	Cloruros (mg/L) (LD: 0,08 mg/L)	3,179	3,090
	Sulfatos (mg/L) (LD: 0,08 mg/L)	43,03	41,78
	Fluoruros (mg/L) (LD: 0,002 mg/L)	0,209	0,240
	Nitratos (mg/L) (LD: 0,009 mg/L)	0,314	0,327
	Nitritos (mg/L) (LD: 0,007 mg/L)	< 0,007	< 0,007

LD: Límite de detección.


CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000 - F. (511) 420 4128
 info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
 Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
 Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048 - F. (043) 314 620
 info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
 Urb. Angamos A - 2 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161
 info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY. POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-11257/15

Metales totales por ICP-MS

Ensayos	Resultados	
	SP-02 SALIDA DE PLANTA ARENA FILTRO CUARZO	SP-03 SALIDA DE PLANTA CARBÓN FILTRO ACTIVADO
Litio (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	< 0,00025	< 0,00025
Berilio (mg/L) (LD: 0,00015 mg/L)	< 0,00015	< 0,00015
Boro (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	< 0,050	< 0,050
Sodio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	2,013	2,018
Magnesio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	2,554	2,537
Aluminio (mg/L) (LD: 0,00250 mg/L)	0,01163	0,01275
Silicio (mg/L) (LD: 0,050 mg/L)	3,028	3,092
Fosforo (mg/L) (LD: 0,500 mg/L)	< 0,500	< 0,500
Potasio (mg/L) (LD: 0,0500 mg/L)	0,6214	0,6674
Calcio (mg/L) (LD: 0,250 mg/L)	12,94	12,96
Titanio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050
Vanadio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050
Cromo (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050
Manganeso (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	0,04399	0,04040
Hierro (mg/L) (LD: 0,0500 mg/L)	< 0,0500	< 0,0500
Cobalto (mg/L) (LD: 0,00030 mg/L)	< 0,00030	< 0,00030
Niquel (mg/L) (LD: 0,00035 mg/L)	< 0,00035	< 0,00035
Cobre (mg/L) (LD: 0,00030 mg/L)	0,00118	< 0,00030
Zinc (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	0,00875	< 0,00050
Arsénico (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050
Selenio (mg/L) (LD: 0,00250 mg/L)	< 0,00250	< 0,00250
Estroncio (mg/L) (LD: 0,00045 mg/L)	0,05837	0,05874
Molibdeno (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	0,00049	< 0,00020
Plata (mg/L) (LD: 0,00005 mg/L)	< 0,00005	< 0,00005
Cadmio (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	< 0,00020	< 0,00020
Estaño (mg/L) (LD: 0,00025 mg/L)	< 0,00025	< 0,00025
Antimonio (mg/L) (LD: 0,00020 mg/L)	< 0,00020	< 0,00020
Teluro (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050
Bario (mg/L) (LD: 0,00015 mg/L)	0,00338	0,00325
Wolframio (mg/L) (LD: 0,00050 mg/L)	< 0,00050	< 0,00050

LD: Limite detección



CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000 F. (511) 420 4128
info@cerper.com www.cerper.com

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F. (043) 314 620
info@cerper.com www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-11257/15

Ensayos	Resultados	
	SP-02 SALIDA DE PLANTA ARENA FILTRO CUARZO	SP-03 SALIDA DE PLANTA CARBÓN FILTRO ACTIVADO
Mercurio (mg/L) (LD: 0.00005 mg/L)	< 0.00005	< 0.00005
Talio (mg/L) (LD: 0.00025 mg/L)	< 0.00025	< 0.00025
Plomo (mg/L) (LD: 0.00020 mg/L)	< 0.00020	< 0.00020
Bismuto (mg/L) (LD: 0.00250 mg/L)	< 0.00250	< 0.00250
Uranio (mg/L) (LD: 0.00005 mg/L)	< 0.00005	< 0.00005

LD: Limite detección

Métodos:

Coliformes totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221.B, 22 nd., Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.

Coliformes termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221.E-1, 22 nd., Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform, Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium).

Alcalinidad total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2320.B 22 nd., Ed. 2012. Alkalinity, Titration Method.

Calcio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 3500.Ca B, 22 nd Ed. 2012. EDTA-titrimetric method

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510.B, 22 nd Ed.2012. Conductivity Laboratory Method.

Dureza total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2340.C, 22 nd Ed.2012. Hardness EDTA, Titrimetric Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500.H, B, 22 nd Ed. 2012. pH Value, Electrometric Method.

Sólidos Disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.C 22 nd Ed. 2012. Solids Total Dissolved Solids Dried At 180 °C

Color: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2120.C, 22 nd Ed.2012. Color Spectrophotometric - Single - Wavelength Method (Proposed).

Turbiedad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130.B, 22 nd., Ed. 2012 Turbidity, Nephelometric Method.

Aniones por Cromatografía Iónica (Cloruros, Sulfatos, Fluoruros, Nitratos, Nitritos): EPA Method 300.0-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Metales Por ICP-MS: Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Niquel, Plata, Aluminio, Silicio, Fosforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Hierro, Cobalto, Cobre, Zinc, Selenio, Arsénico, Estroncio, Cadmio, Estaño, Antimonio, Teluro, Bario, Wolframio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Uranio; ISO 17294-2: 2003 Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of 62 elements.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de Junio de 2015

KS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. ROSA PALOMINO LEO
 C.I.P. N° 40302
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO

Oficina Principal

 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000 F. (511) 420 4128
 info@cerper.com www.cerper.com

CHIMBOTE

 Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
 Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048 F. (043) 314 620
 info@cerper.com www.cerper.com

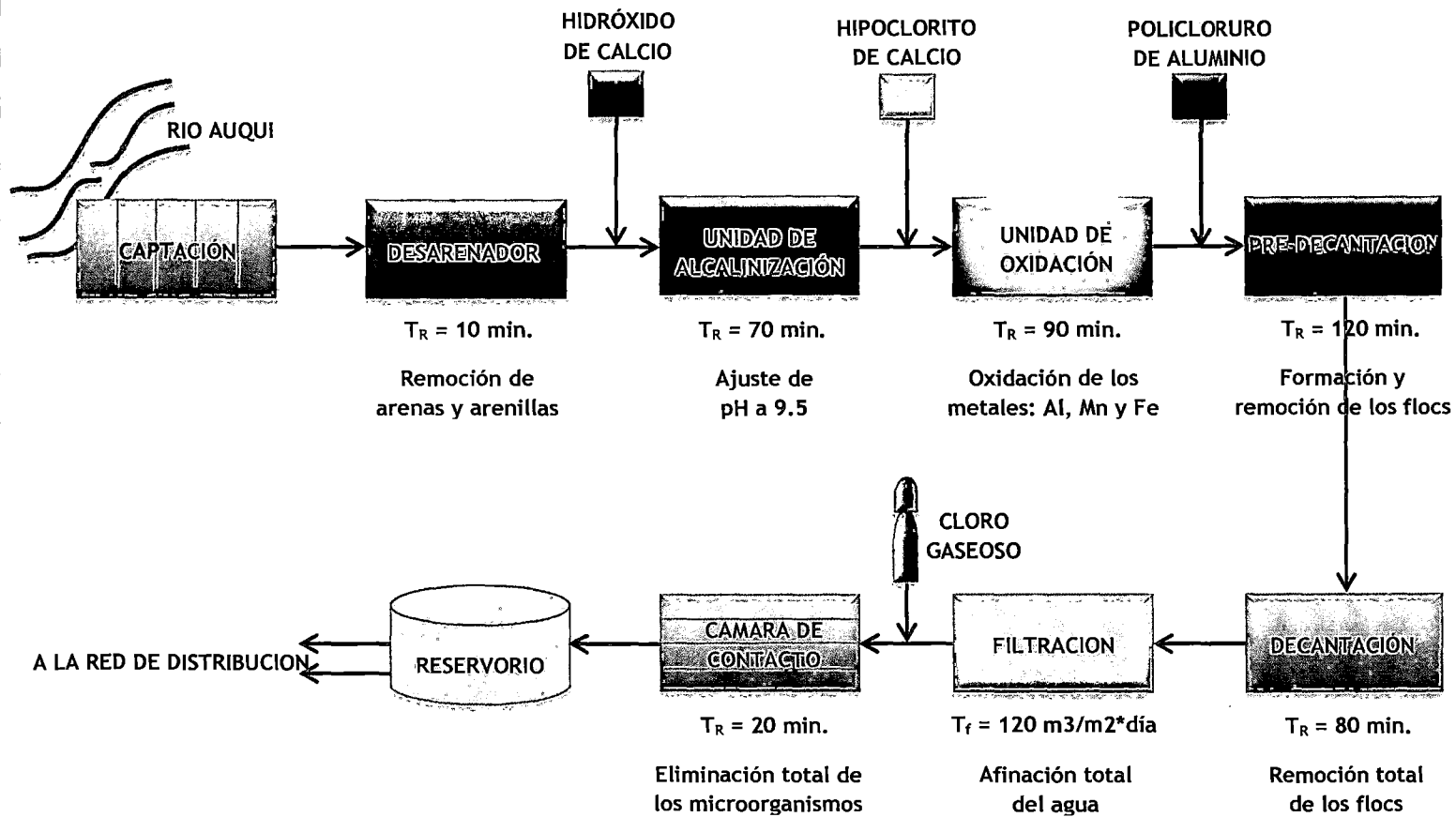
PIURA

 Urb. Angamos A - 2 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161
 info@cerper.com www.cerper.com

Anexo N° 5

**DIAGRAMA DE FLUJOS
PROPUESTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DE BELLAVISTA**

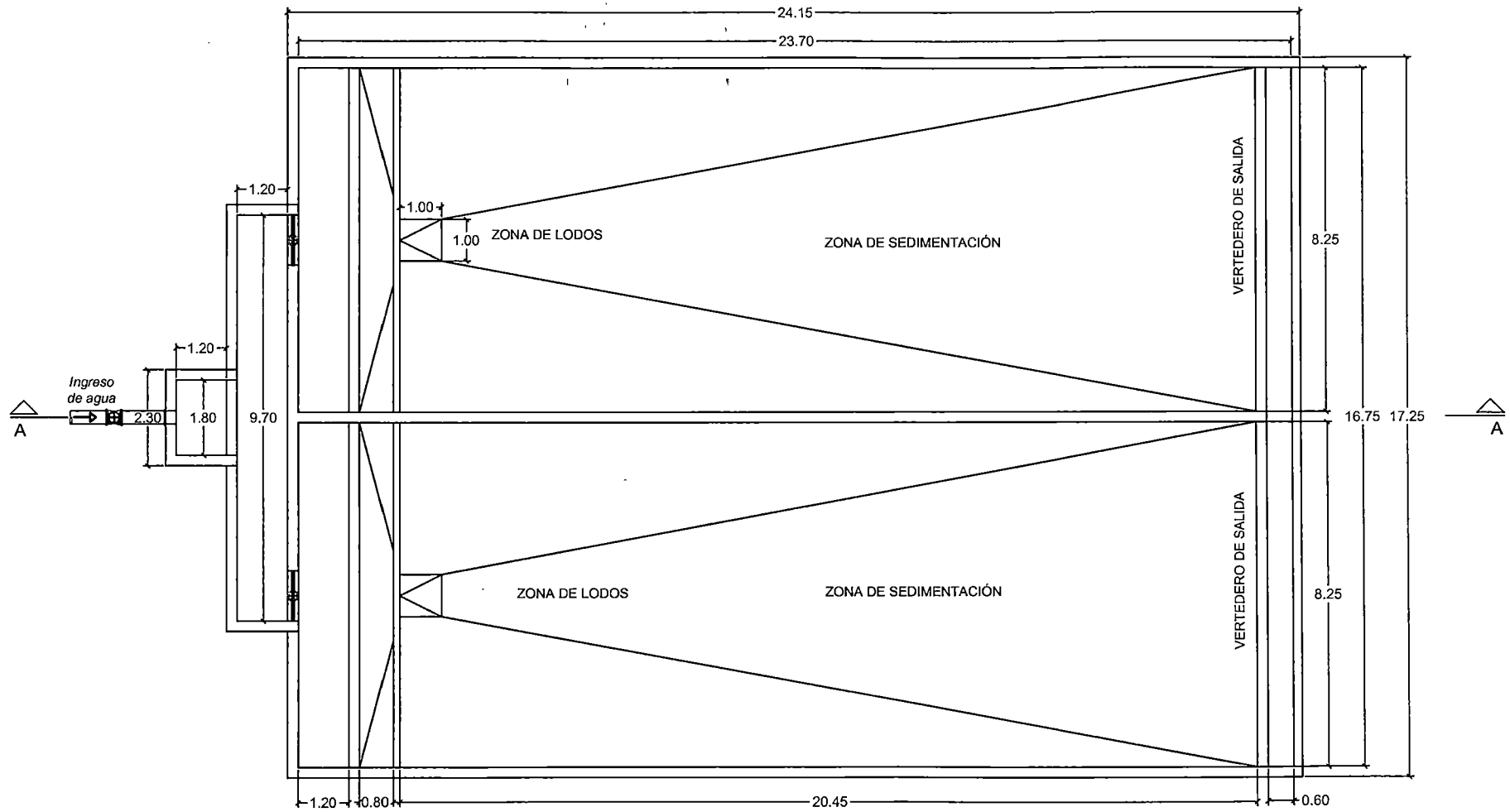
DIAGRAMA DE FLUJOS PROPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE BELLAVISTA



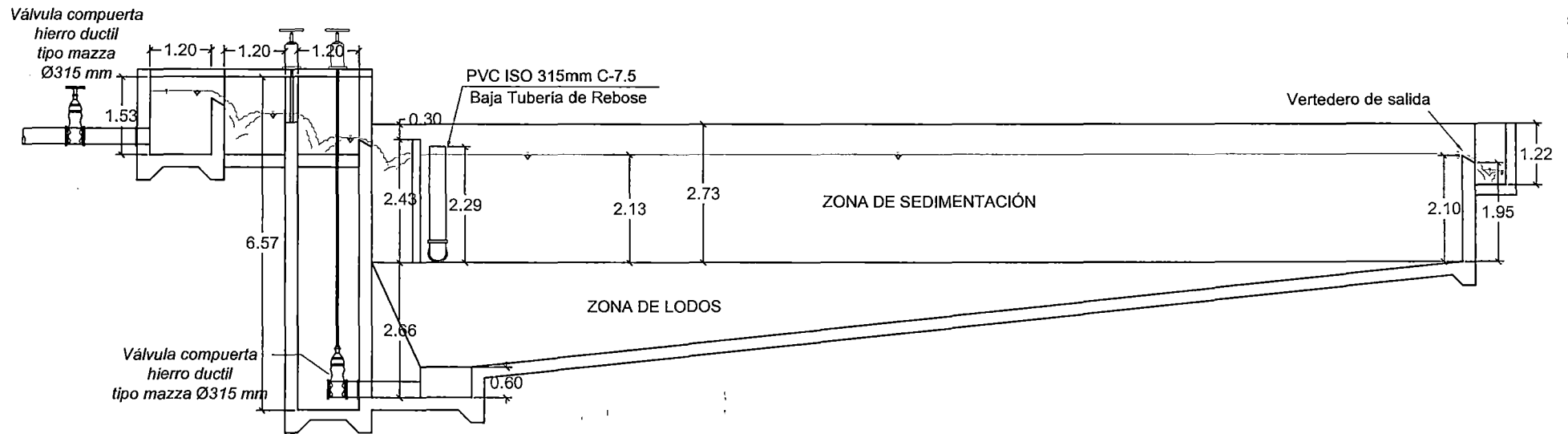
Anexo N° 6

**PLANOS PROPUESTO PARA EL
TRATAMIENTO PREVIO EN LA
PLANTA DE BELLAVISTA**

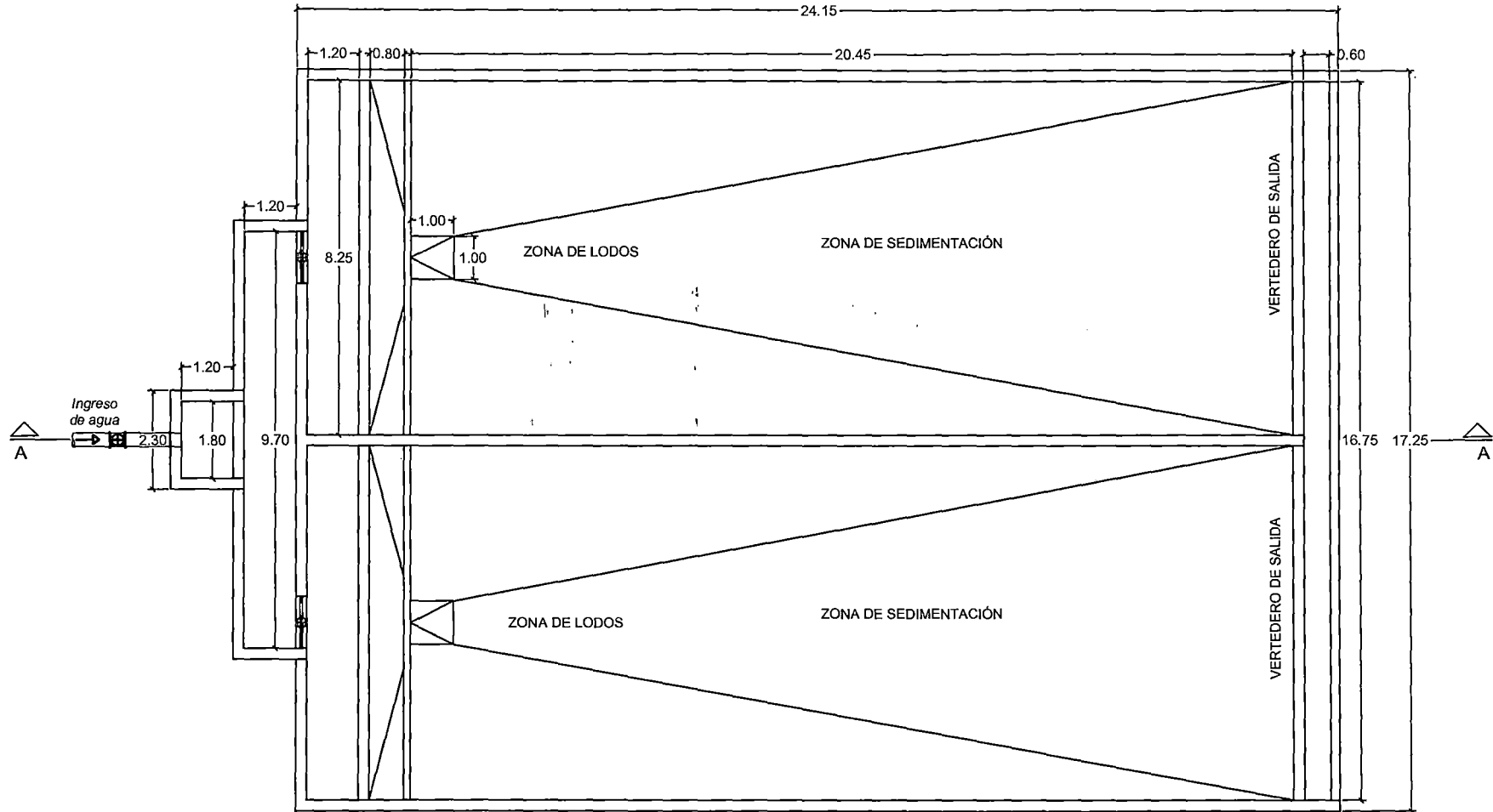
UNIDAD DE ALCALINIZACIÓN EN PLANTA



UNIDAD DE ALCALINIZACIÓN EN PERFIL
CORTE A-A

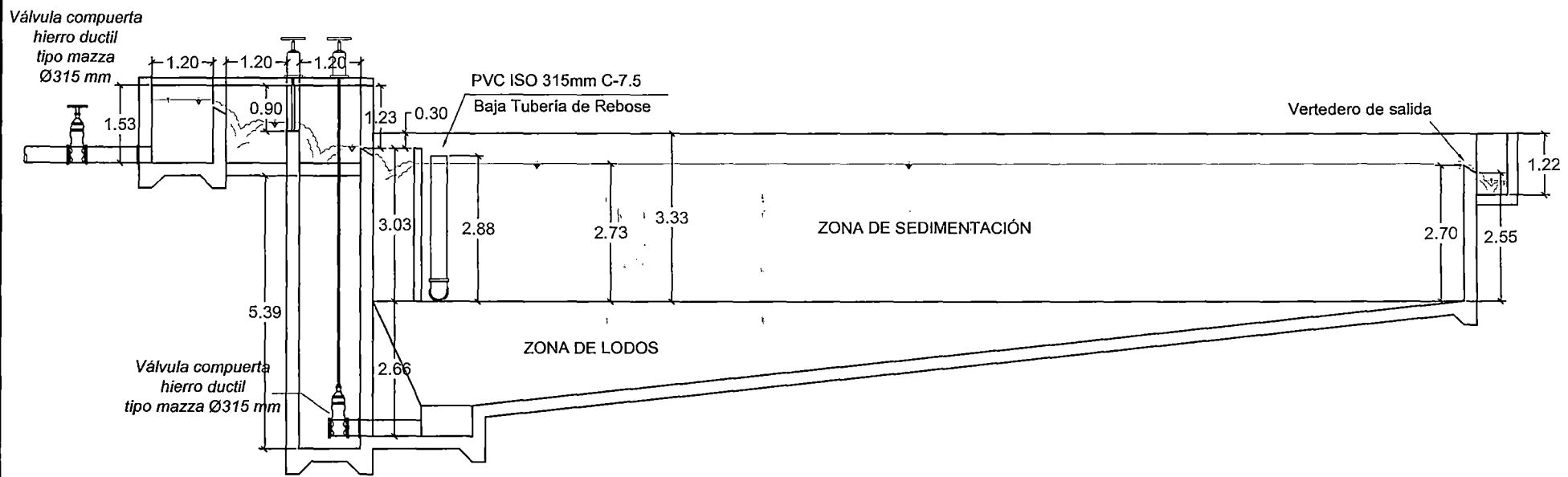


UNIDAD DE OXIDACIÓN EN PLANTA

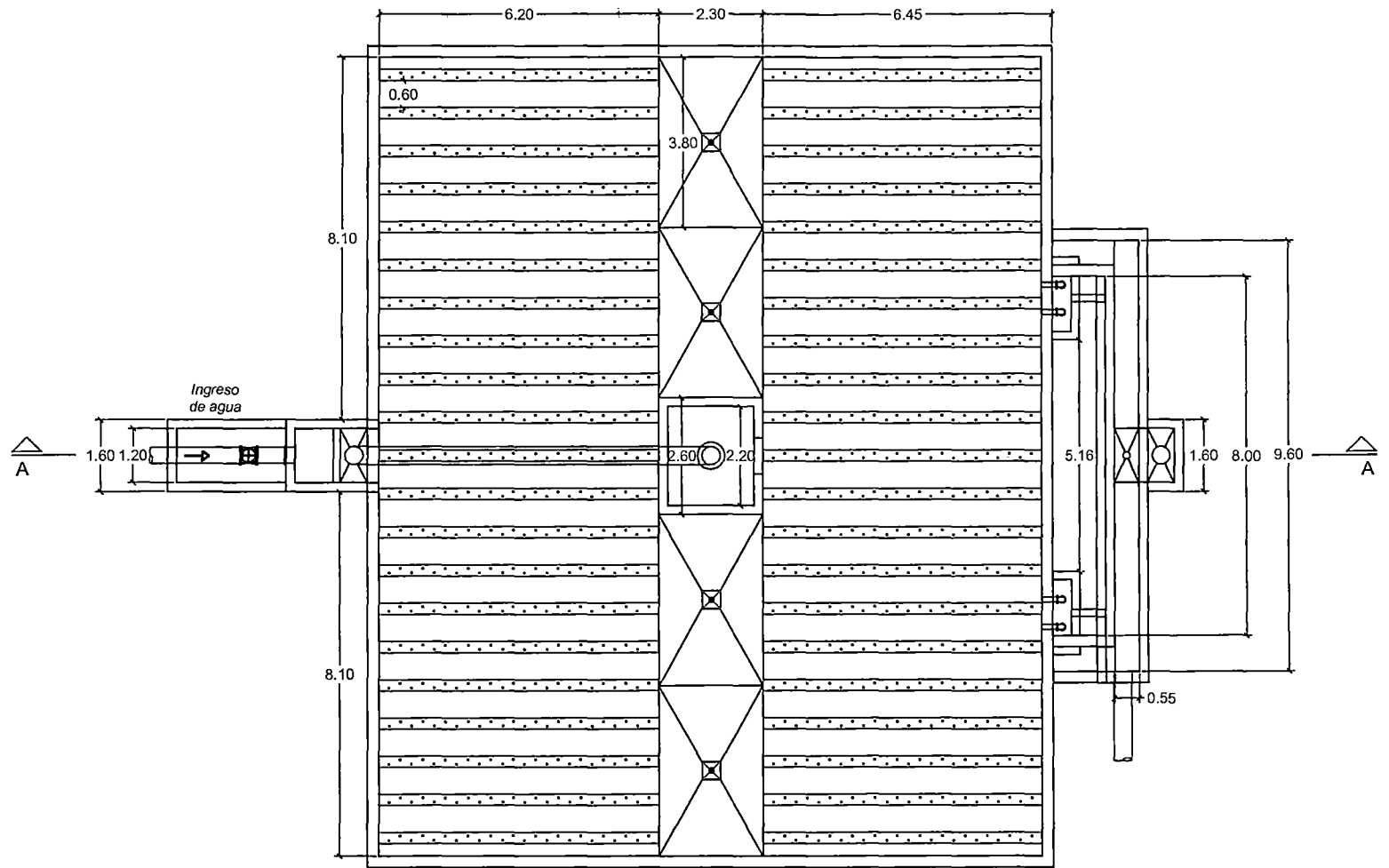


UNIDAD DE OXIDACIÓN EN PERFIL

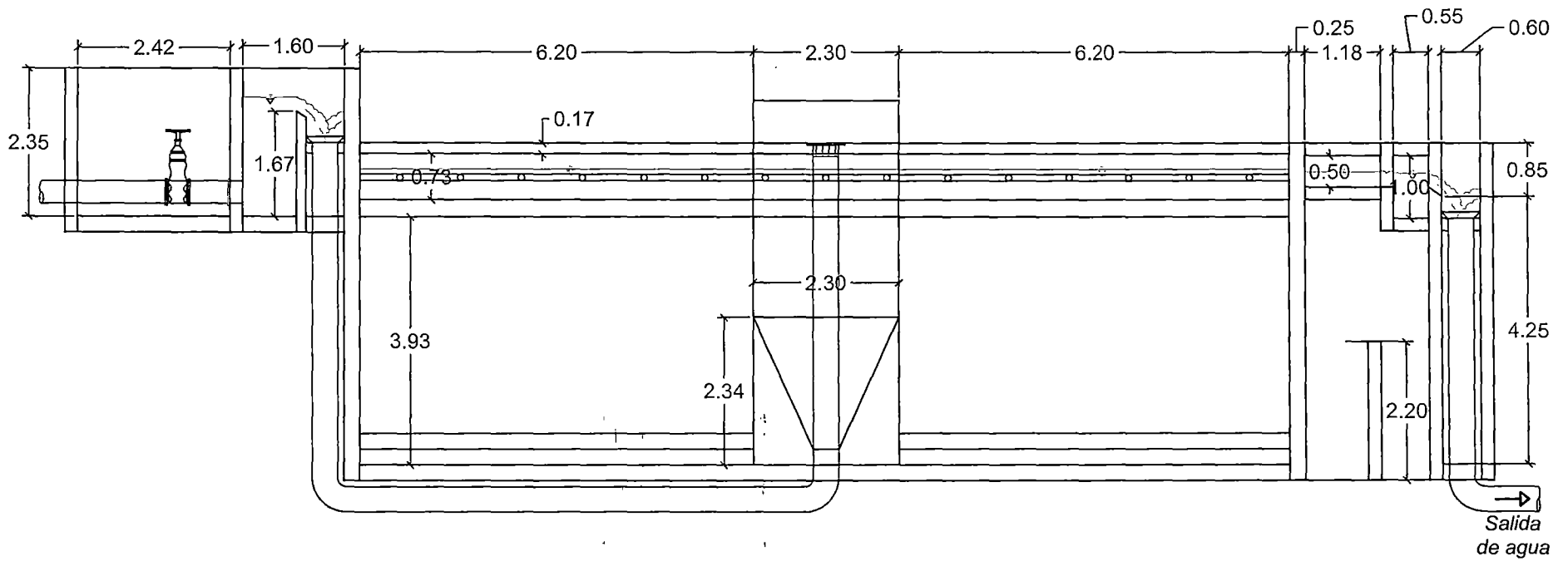
CORTE A-A



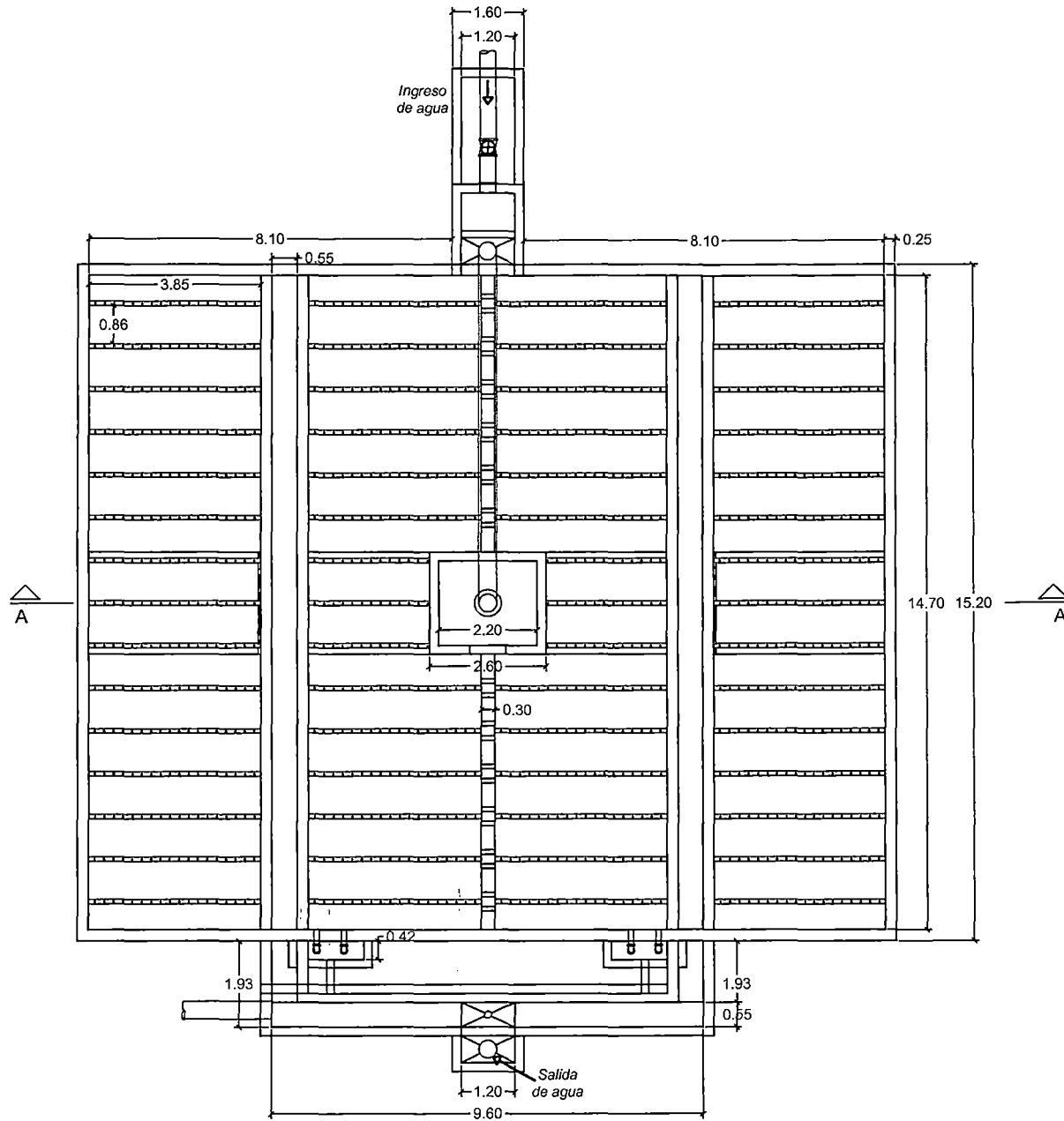
PRE-DECANTADOR EN PLANTA-FONDO



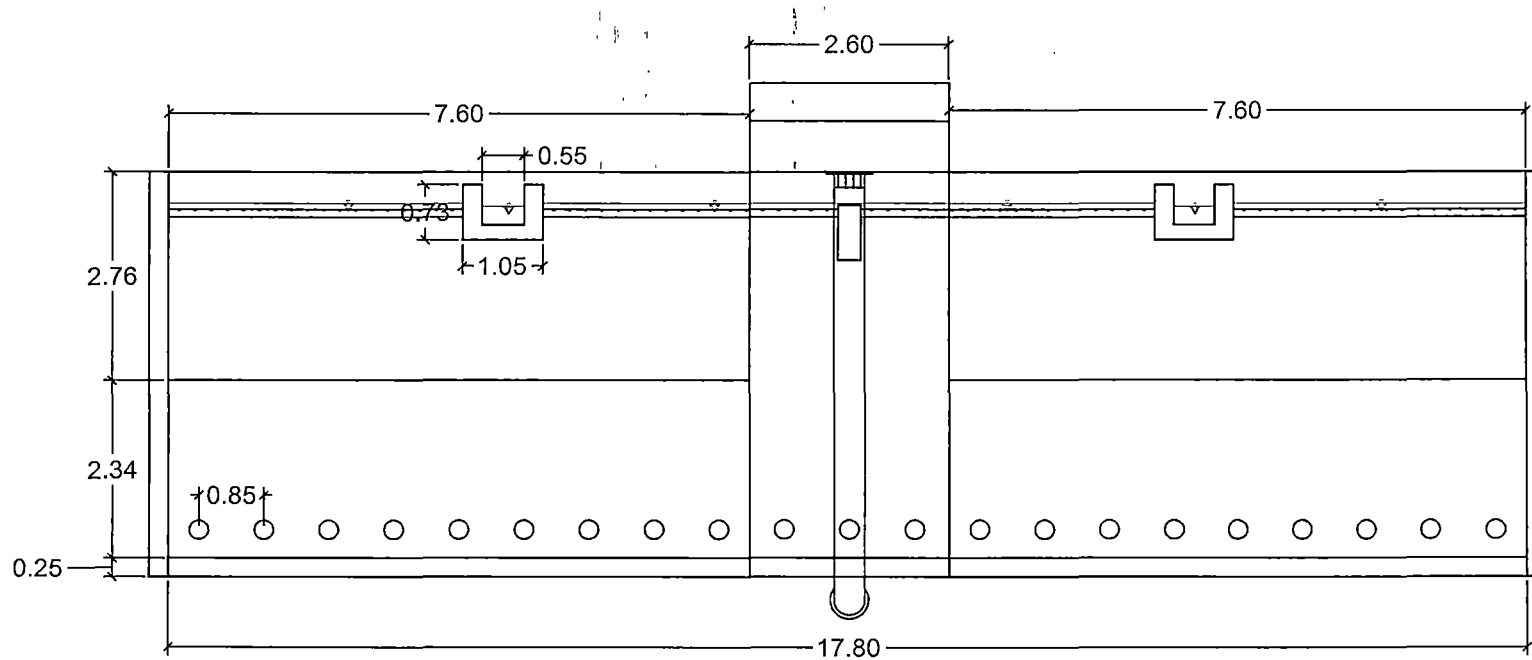
PRE-DECANTADOR EN PERFIL
CORTE A-A



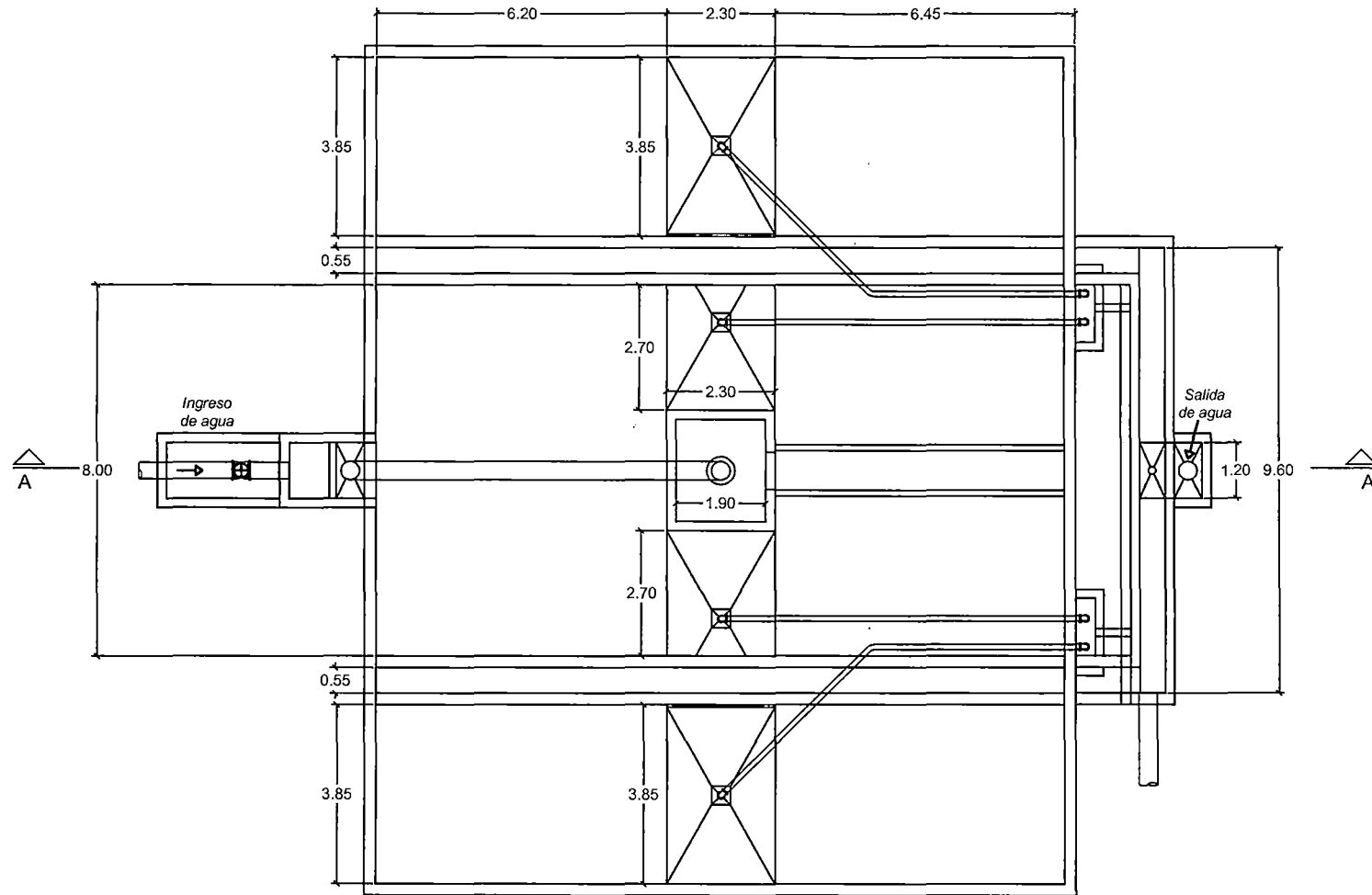
PRE-DECANTADOR EN PLANTA



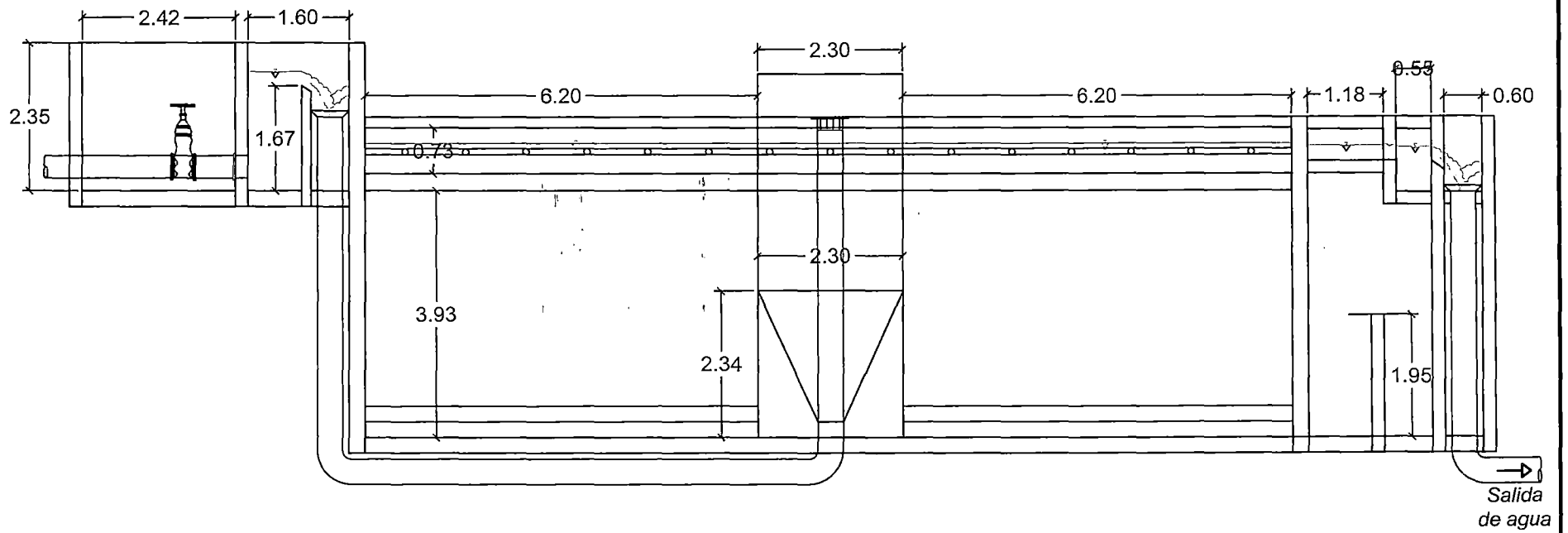
PRE-DECANTADOR EN PERFIL
CORTE A-A



PRE-DECANTADOR EN PLANTA 3/4 DE ALTURA



PRE-DECANTADOR EN PERFIL
CORTE A-A



Anexo N° 7

PANEL FOTOGRAFICO

Anexo 9.1. Turbidímetro.

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051



Foto 01: Turbidímetro modelo 2100P, HACH.

Anexo 9.2. Multiparámetro.

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051

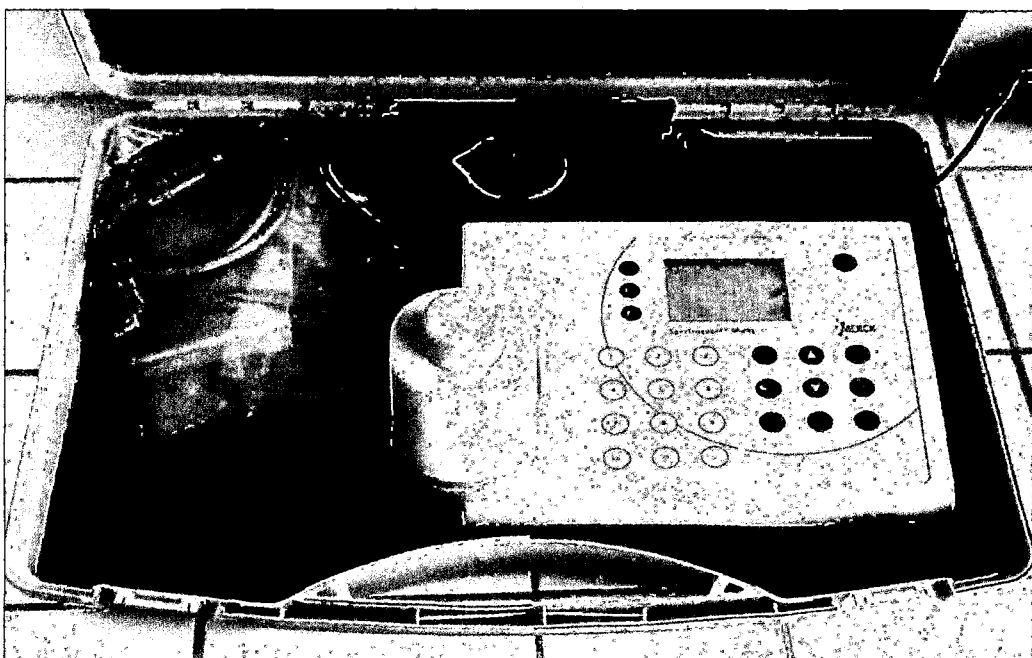


Foto 02: SpectroquantMulty (MERCK).

Anexo 9.3. pH-metro.

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051



Foto 03: pH-metro, modelo pH 100 YSI.

Anexo 9.4. Comparador de cloro residual.

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051



Foto 04: Comparador de cloro, modelo Pocket Colorimeter II, HACH.

Anexo 9.5. Medidor de Conductividad/salinidad/Sólidos Disueltos Totales.

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051

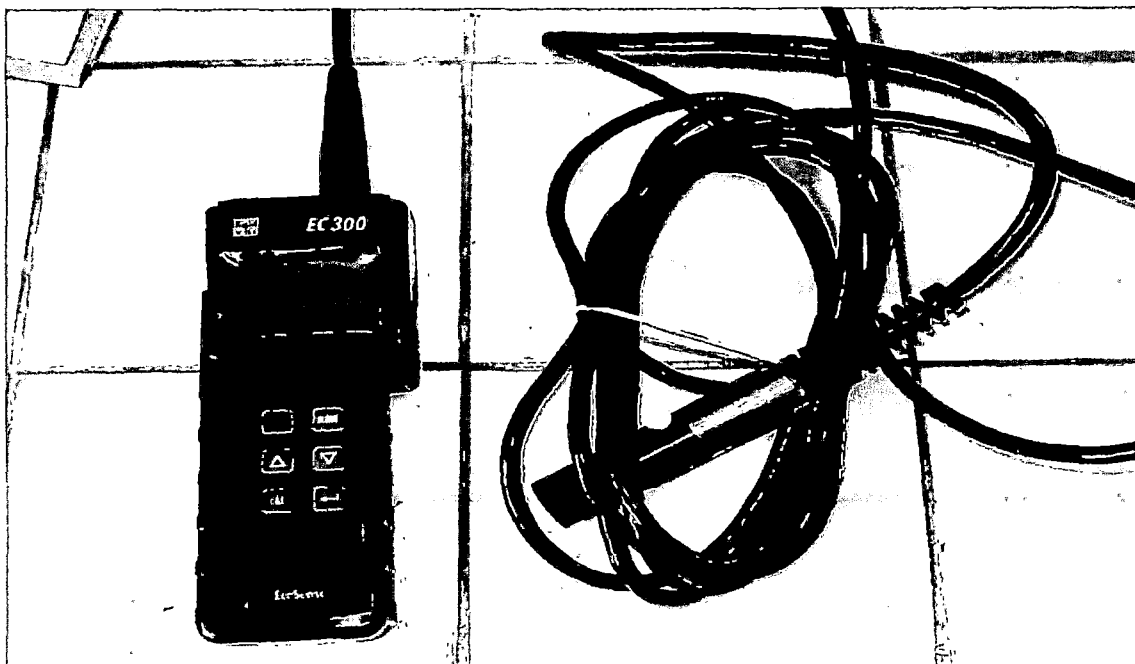


Foto 05: Medidor de Conductividad/salinidad/Sólidos Disueltos Totales, modelo EC 300 YSI.

Anexo 9.6. Tituladores de alcalinidad (H_2SO_4) y dureza total (EDTA).

Marca	Modelo	Serie
HACH	2100P	980200017051

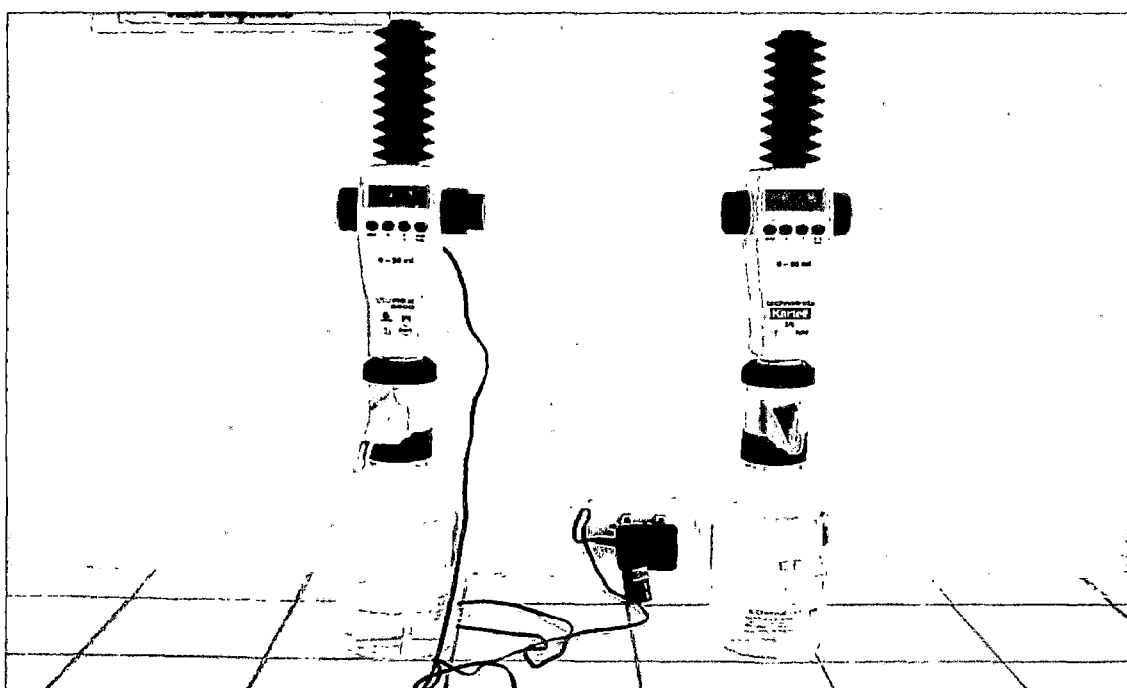


Foto 6: Tituladores de alcalinidad (H_2SO_4) y dureza total (EDTA).

Anexo 9.7. Equipo Prueba de Jarras digital.

Marca	Modelo	Serie
PHIPPS & BIRD.	2100P	980200017051

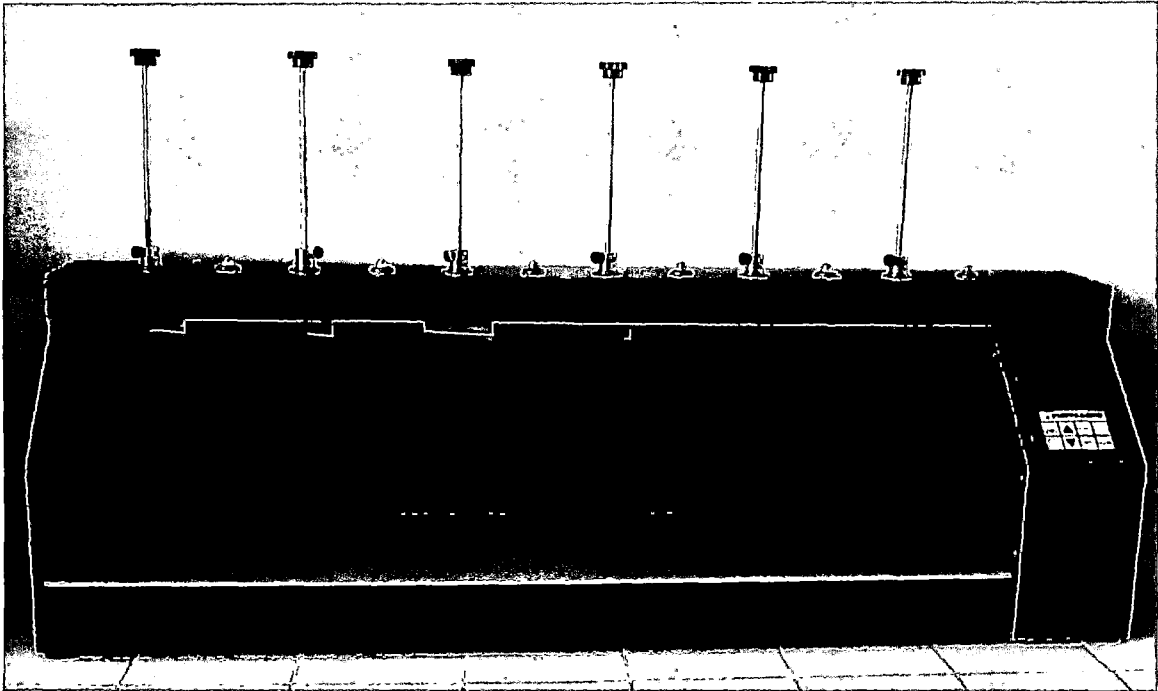


Foto 7: Equipo Prueba de Jarras digital, PHIPPS & BIRD.



Foto 8: Hipoclorito de calcio al 65% en bodones de 45 Kg.

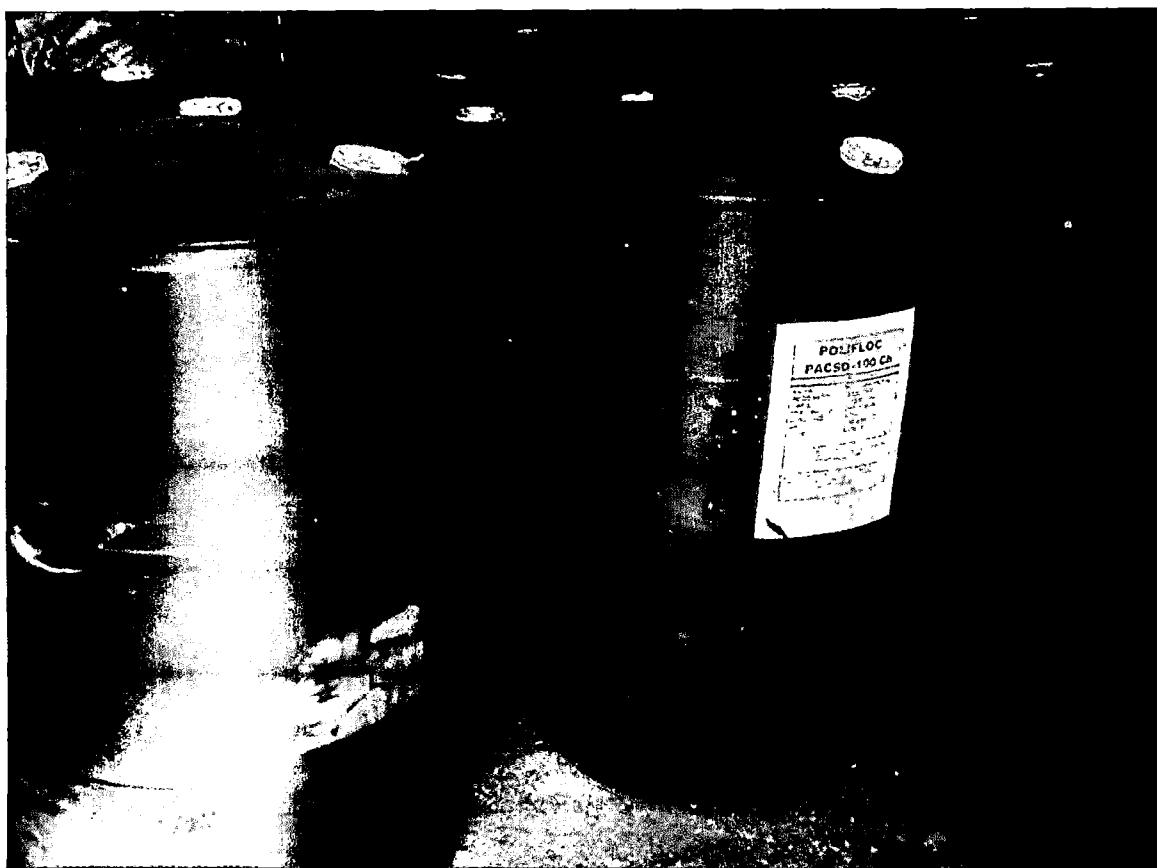


Foto 9: Policloruro de aluminio en cilindros de 270 Kg.



Foto 10: DPD para determinar el cloro residual.



Foto 11: Realizando la Prueba de jarras.



Foto 12: Formación de flocs en el vaso precipitado.

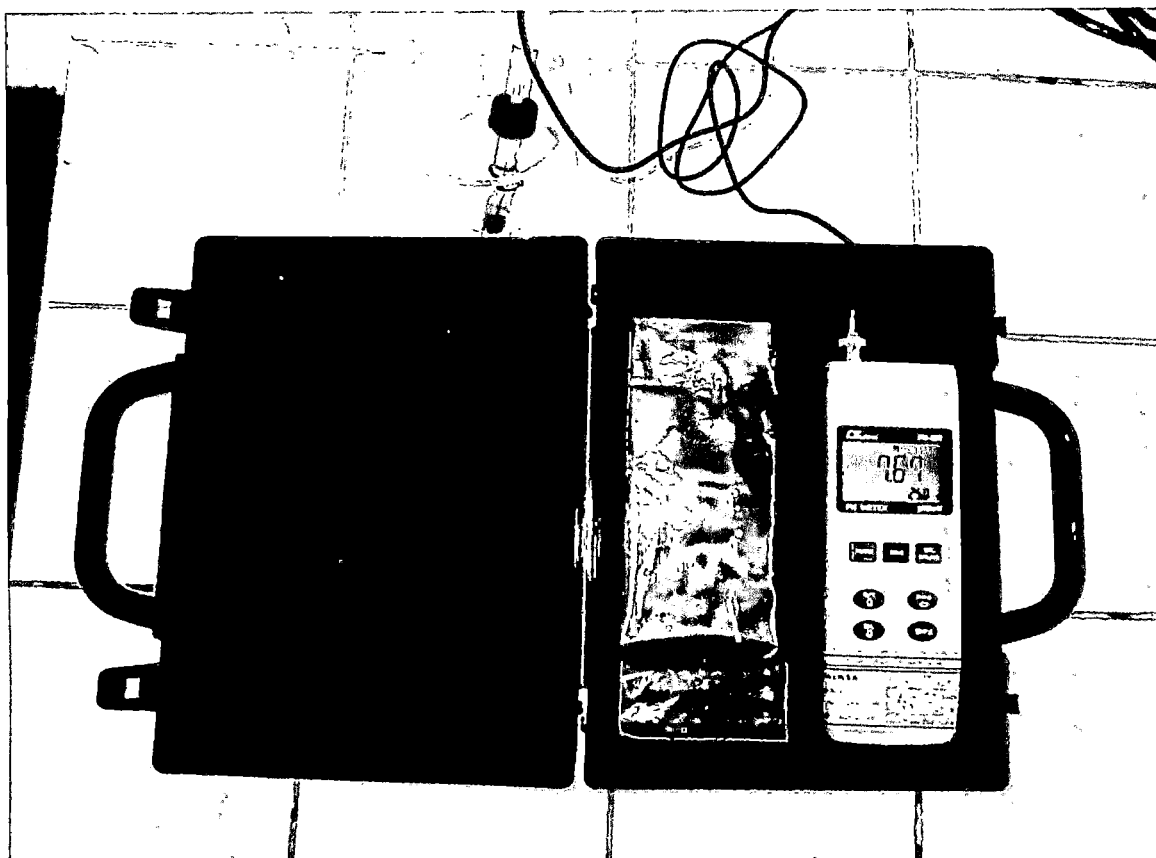


Foto 13: Determinando el pH.

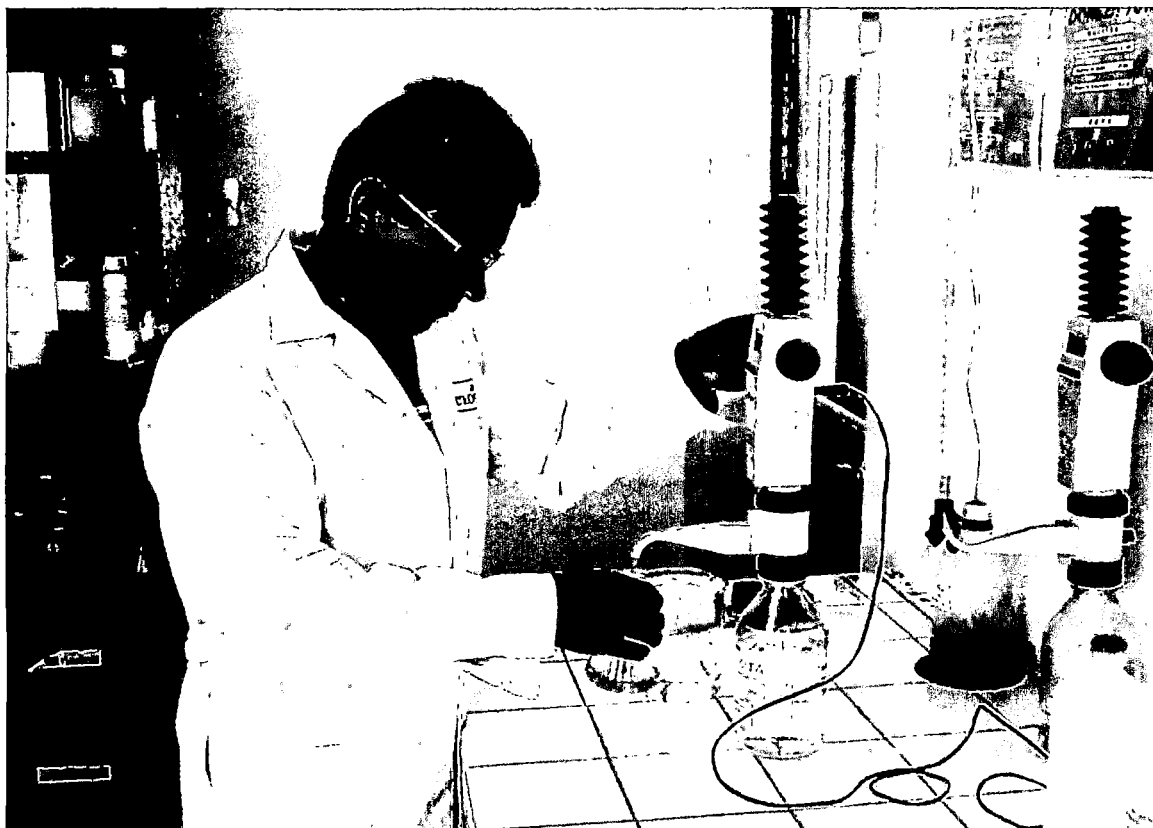


Foto 14: Determinando la Alcalinidad del agua del río Auqui.



Foto 15: Proceso constructivo de la Planta piloto de Bellavista.



Foto 16: Proceso constructivo de la Planta piloto de Bellavista.



Foto 17: Planta piloto de Bellavista en pleno funcionamiento.



Foto 18: Planta piloto de Bellavista en pleno funcionamiento.

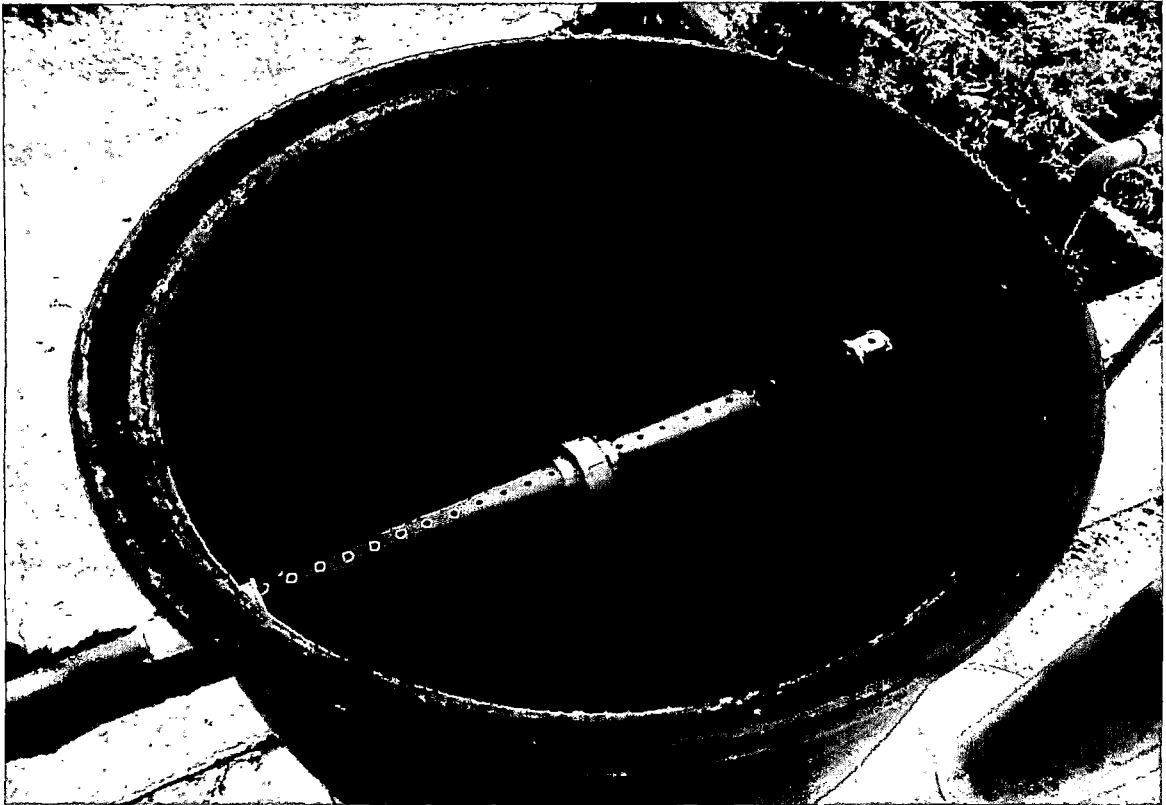


Foto 19: Unidad de Alcalinización de la Planta piloto de Bellavista.

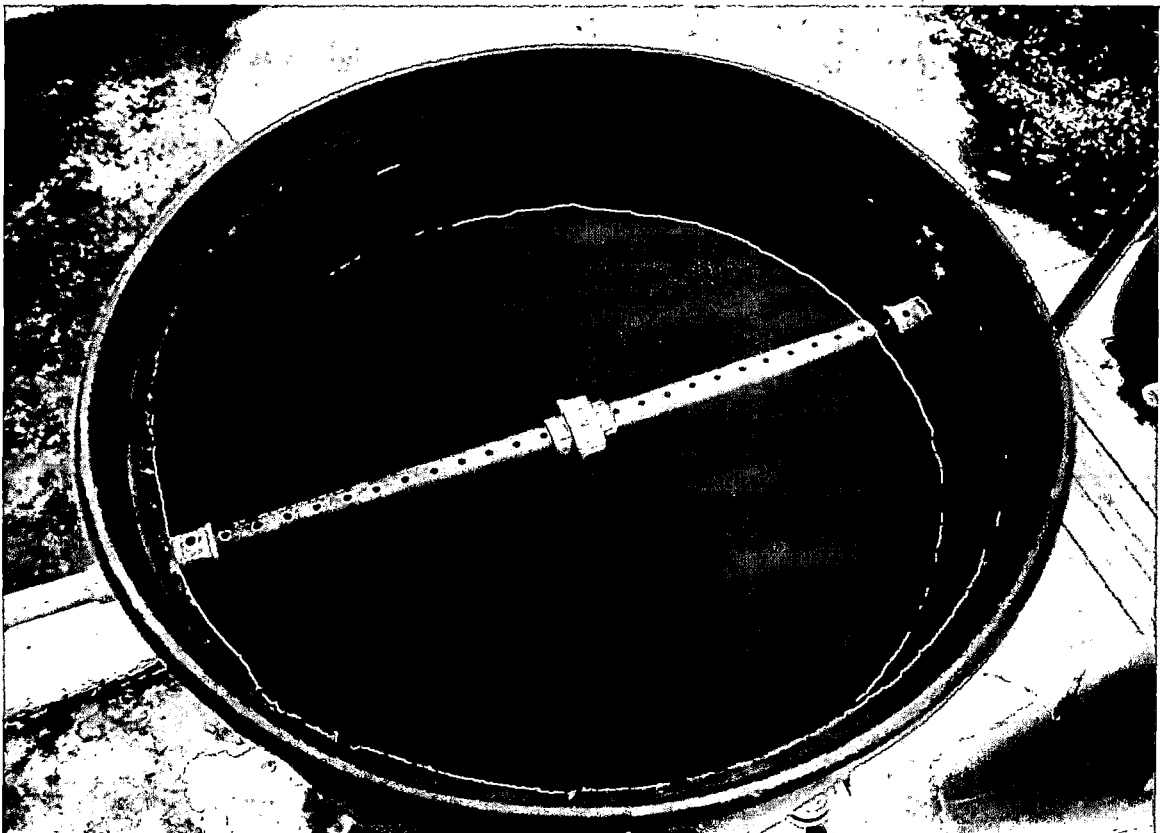


Foto 20: Unidad de Oxidación de la Planta piloto de Bellavista.

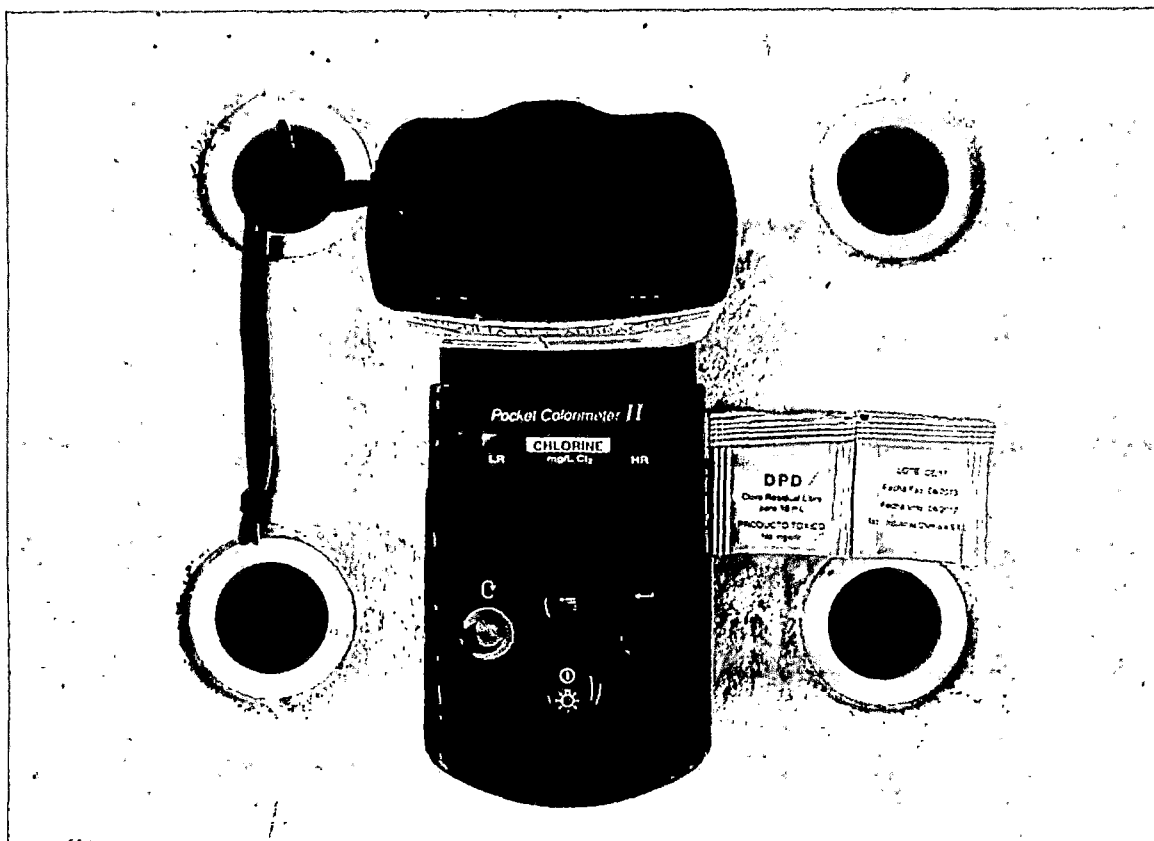


Foto 21: Determinando el cloro residual en la Planta piloto de Bellavista.



Foto 22: Formación de flocs en el pre-decantador de la Planta piloto.

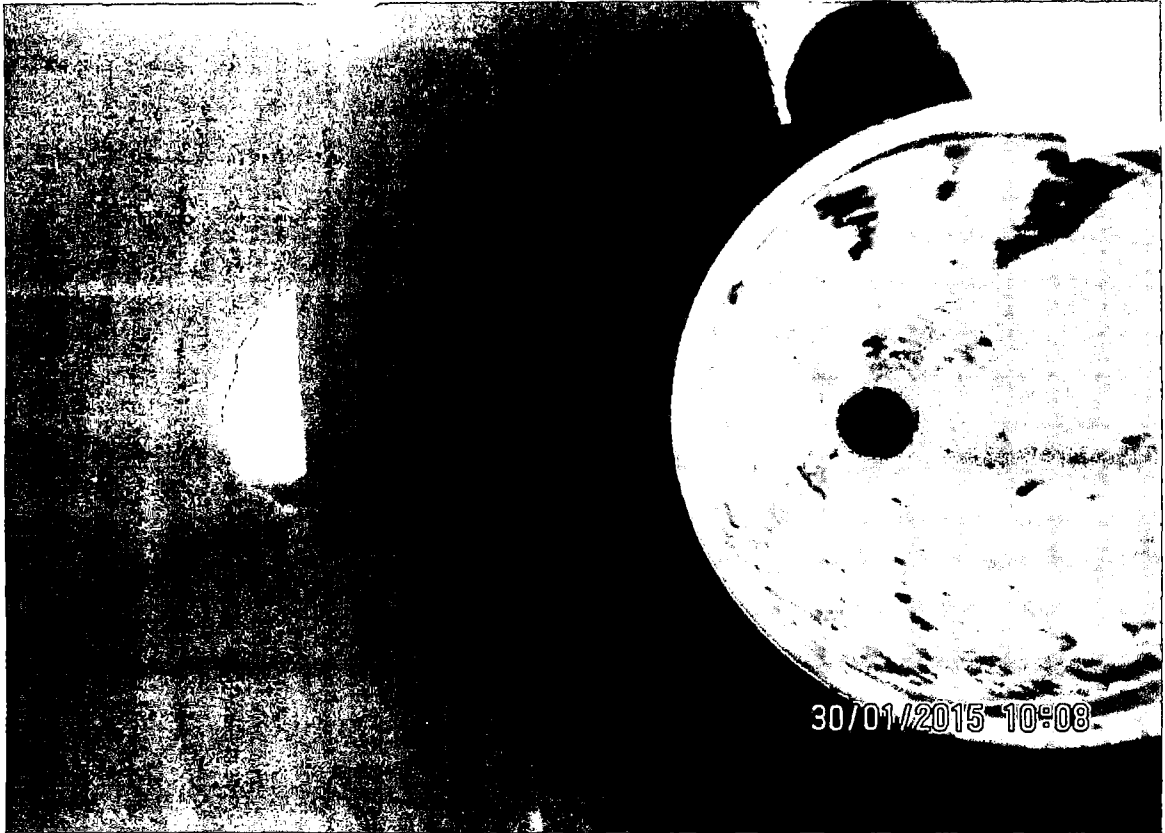


Foto 23: Decantación de los flocs en el decantador de la Planta piloto.



Foto 24: Etiquetado y preparación de los envases para la toma de muestras.

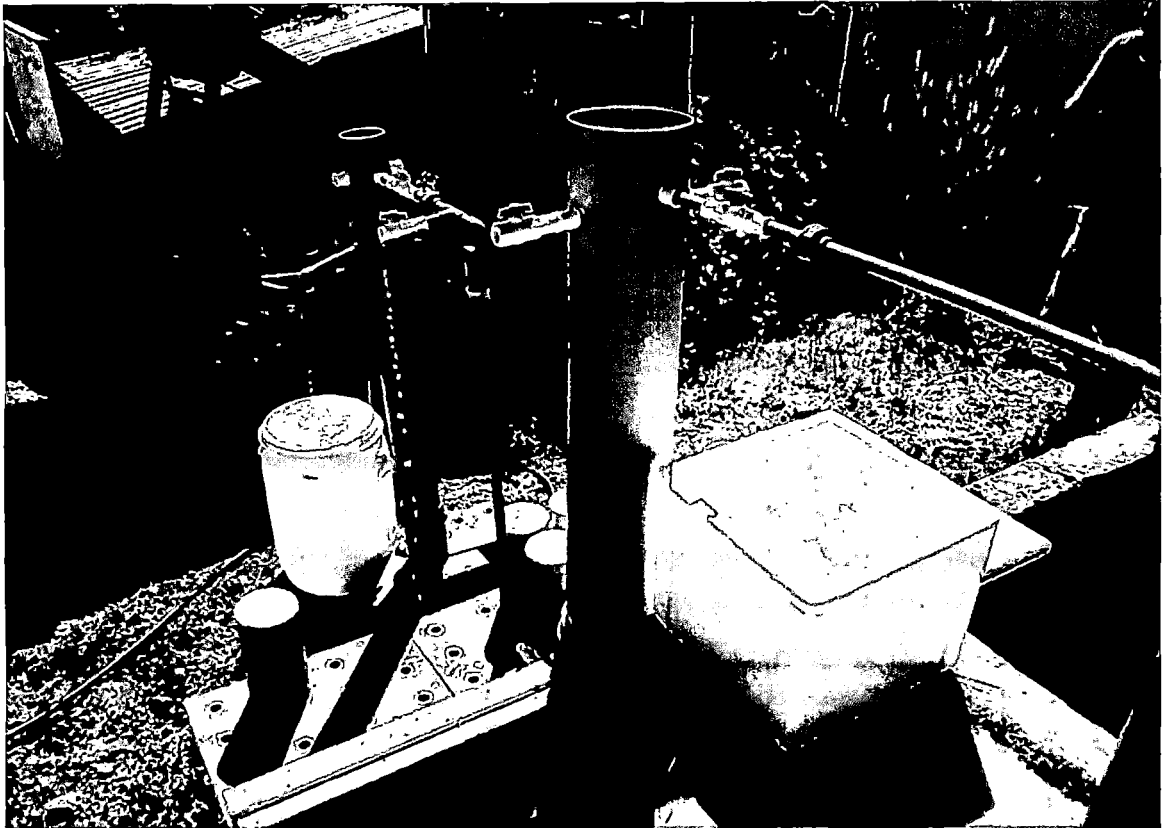


Foto 25: Envases de plástico para muestreo de primer uso.



Foto 26: Tomando muestra de la salida de la Planta piloto.



Foto 27: Cerrando el envase después de la toma de muestra en la Planta piloto.



Foto 28: Tomando muestra en la Captación de Coyllur.



Foto 29: Captación de Coyllur

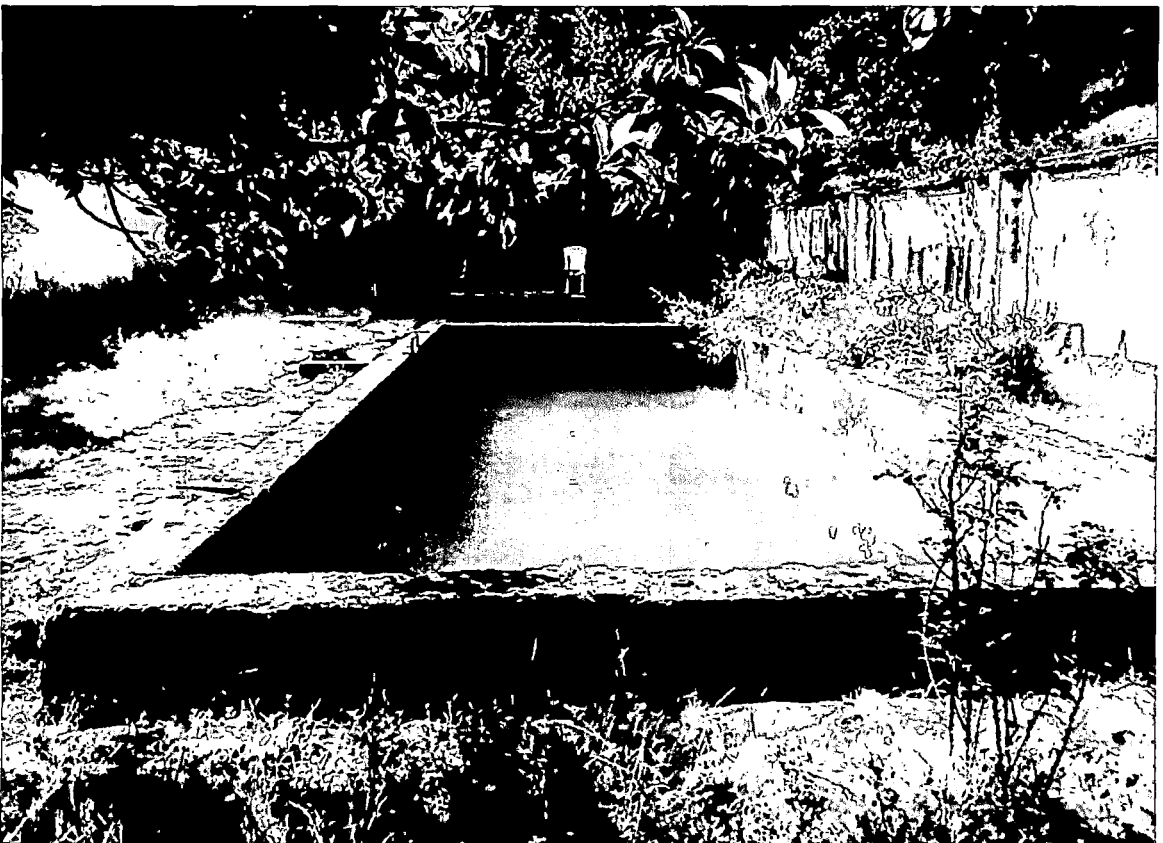


Foto 30: Desarenador de Coyllur.

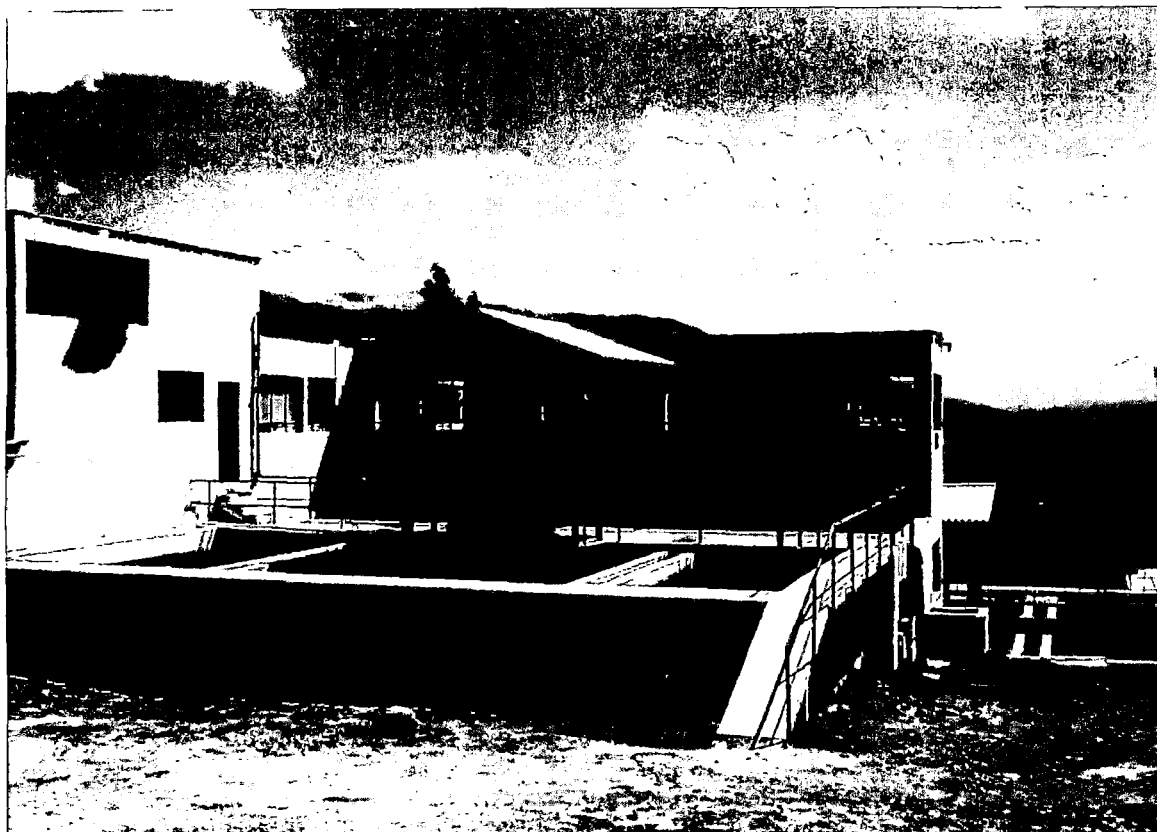


Foto 31: Instalaciones de la Planta de tratamiento de agua potable de Bellavista.

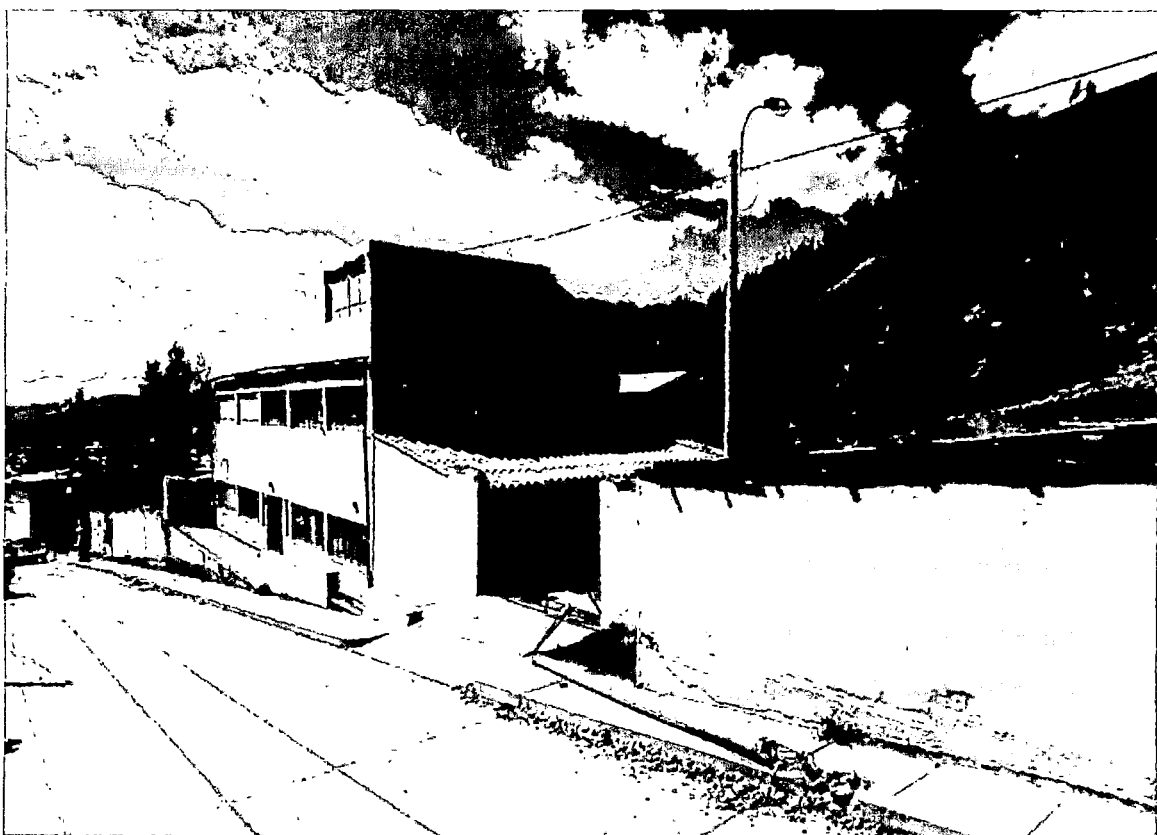


Foto 32: Vista externa de la planta de tratamiento de Bellavista.