

**ANÁLISIS MECÁNICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CLEMENCIA
BOLÍVAR**

HÉCTOR ACEVEDO CORREA

EDWIN PAILLIER VASQUEZ

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CARTAGENA
2013**

**ANÁLISIS MECÁNICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CLEMENCIA
BOLÍVAR**

HÉCTOR ACEVEDO CORREA

EDWIN PAILLIER VASQUEZ

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR
EL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR, M.SC. FELIX JULIO RADA

INGENIERO MECANICO UTB

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CARTAGENA**

2013

Nota de Aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado.

Jurado.

Cartagena de Indias D, T y C. Diciembre de 2012

Señores:

COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La Ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter a su consideración el Proyecto de Grado titulado “**Análisis mecánico y evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Clemencia Bolívar**”, realizado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente,

Héctor Acevedo Correa

Edwin Paillier Vásquez

Cartagena de Indias D, T y C.

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

La Ciudad

Por medio de la presente me permito someter a su consideración el trabajo integrador titulado **“Análisis mecánico y evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Clemencia, Bolívar”**, desarrollado por los estudiantes Héctor Acevedo Correa con **código T00017311** y Edwin Paillier Vásquez **código T00014402**, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico y en el que me desempeñe cumpliendo la función de asesor.

Atentamente,

Felix Julio Rada

Asesor

Clemencia- Bolívar, 07 de Diciembre de 2012

Señores:

PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
Universidad Tecnológica de Bolívar

Asunto: Carta de aceptación de conocimiento de ejecución de trabajo de grado

Reciba un cordial saludo,

A través de la presente les informo que tengo conocimiento del trabajo de grado que desarrollan los estudiantes HECTOR ACEVEDO CORREA Y EDWIN PAILLIER denominado “**Análisis MECÁNICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CLEMENCIA BOLÍVAR**” y que ejecutarán en el municipio de Clemencia y en las instalaciones de nuestra empresa; así mismo se les brindará toda la colaboración técnica y logística posible para el desarrollo del trabajo durante el tiempo necesario.

Atentamente,

JUAN MANUEL ORTIZ SÁNCHEZ
GERENTE ACUACOR S.A.S. E.S.P.
Empresa Acueducto, Alcantarillado y Aseo.
Teléfono: 318-7881555

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
4. MARCO DE REFERENCIA	19
4.1 MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE	19
4.1.1 Sistemas de acueductos.....	19
4.1.2 Abastecimiento de Agua.....	19
4.1.3 Abastecimiento de Aguas Subterráneas	25
4.1.4 Bombas y estaciones de Bombeo	29
4.1.5 Aducciones.....	40
4.1.6 Conducciones	41
4.1.7 Estación de Tratamiento de Agua Potable.....	46
4.1.8 Tanque regulador.....	47
4.1.9 Red de Distribución.....	49
4.1.10 Corrosión.....	51
4.1.11 Durabilidad de las estructuras de concreto	56
4.2 MARCO CONCEPTUAL	61
5. METODOLOGÍA.....	64
6. RESULTADOS	65
6.1 INFORMACIÓN RECOPIADA EN LA FASE DE CAMPO SOBRE GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CLEMENCIA.....	65
6.1.1 Localización y Extensión Territorial.....	65
6.1.2 Historia.....	67
6.1.3 División Político-Administrativa	68
6.1.4 Topografía	68

6.1.5	Geología y Suelos	68
6.1.6	Climatología	68
6.1.7	Hidrografía	71
6.1.8	Demografía.....	72
6.1.9	Aspectos Urbanísticos.....	72
6.2	RESULTADO DEL RECORRIDO DE CAMPO: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	75
6.2.1	ESTADO ACTUAL DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	75
6.2.2	ESTADO DE CAPTACIÓN	76
6.2.3	ESTADO DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA (ADUCCIÓN).....	81
6.2.4	ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	85
6.2.5	Tanques del almacenamiento actual	89
6.2.6	CONDUCCION DE AGUA TRATADA.....	90
6.3	PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	90
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	105
7.1	Verificación de la potencia requerida para las bombas de captación de los Pozos No. 2 y No. 3.....	105
7.2	Análisis de la influencia de la calidad del agua cruda en el estado actual de la planta de tratamiento.....	116
7.2.1	Análisis de los resultados de los estudios de calidad de aguas realizados	117
7.3	Análisis de las estructuras de concreto en el estado actual de la planta de tratamiento	121
7.4	Análisis del sistema Hidráulico en el estado actual de la planta de tratamiento	125
8.	PLAN DE MEJORAMIENTO	130
8.1	MEJORAMIENTO EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN	130
8.2	MEJORAMIENTO CALIDAD DEL AGUA.....	131
8.2.1	REMOCIÓN DE HIERRO DEL AGUA CRUDA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO .	131
8.2.2	MANTENIMIENTO EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA	137
8.3	MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	141
8.3.1	Mejoramiento de las Estructuras de Concreto	141
8.3.2	Obras de refuerzo estructural sobre en la planta de tratamiento de agua potable	145

8.3.3	Mantenimiento general de infraestructura física de la planta de tratamiento de agua potable.....	146
8.4	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCURA HIDRÁULICA.....	153
8.5	PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	155
9.	CONCLUSIONES.....	159
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162
11.	ANEXOS.....	163
1	Plano General del sistema de acueducto del municipio de Clemencia.....	163
2	Plano Vista en Planta y Perfil de la planta de tratamiento.....	163
3	Plano Línea Piezométrica de la Planta de tratamiento hacia el municipio.	163
4	Tabla de longitudes equivalentes para perdidas por accesorios.....	163
5	Tabla de rugosidades absolutas.....	164
6	Plan de mantenimiento.....	165

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de captación y conducción en sistemas principales.....	23
Tabla 2.	Diámetro de la válvula de purga.....	43
Tabla 3.	Mecanismos de deterioro.....	59
Tabla 4.	Datos climatológicos de Clemencia, Bolívar.....	69
Tabla 5.	Datos generales Pozo No. 2.....	105
Tabla 6.	Velocidades en tuberías Pozo No. 2.....	106
Tabla 7.	Pérdidas por accesorios tramo 1 Pozo No. 2.....	107
Tabla 8.	Pérdidas por accesorios tramo 2, línea de aducción.....	107
Tabla 9.	Cálculo de constante de pérdidas del tramo 1 Pozo No. 2.....	110
Tabla 10.	Cálculo de constante de pérdidas del tramo 2.....	110
Tabla 11.	Calculo Cabeza dinámica de la bomba Pozo No. 2.....	110
Tabla 12.	Cálculo de potencia de la bomba y el motor Pozo No. 2.....	111
Tabla 13.	Datos para generar la curva del sistema Pozo No. 2.....	111
Tabla 14.	Datos generales Pozo No. 3.....	112
Tabla 15.	Velocidades en tuberías Pozo No. 3.....	113
Tabla 16.	Pérdidas por accesorios tramo 1 Pozo No. 3.....	113
Tabla 17.	Pérdidas por accesorios tramo 2, línea de aducción.....	113
Tabla 18.	Cálculo de constante de pérdidas del tramo 1 Pozo No. 3.....	113
Tabla 19.	Cálculo de constante de pérdidas del tramo 2.....	114
Tabla 20.	Cálculo Cabeza dinámica de la bomba Pozo No. 3.....	114

Tabla 21. Cálculo de potencia de la bomba y el motor Pozo No. 3	114
Tabla 22. Datos para generar la curva del sistema Pozo No. 3.....	115
Tabla 23. Calidad de aguas de los pozos, acueducto de Clemencia, Bolívar.....	117
Tabla 24. Concreto expuesto a soluciones de sulfatos	143
Tabla 25. Presupuesto de mejoramiento planta tratamiento de agua potable del Municipio de Clemencia, Bolívar.....	158
Tabla 26. Estudio de calidad de aguas tratada del acueducto Clemencia Bolívar	160

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Deterioramiento Estructural. a) Erosión. b) Corrosión.....	15
Foto 2. Torre de aireación en fibra de vidrio.....	15
Foto 3. Tubería Corroída y con filtraciones	16
Foto 4. Válvulas de control abandonadas y con vida útil expirada.....	16
Foto 5. Pozo No.1 fuera de servicio	77
Foto 6. Pozo No. 2 En servicio.....	78
Foto 7. Línea de impulsión del Agua.....	78
Foto 8. Válvula para control del Drenaje.....	79
Foto 9. Compuerta de la Válvula en mal estado	79
Foto 10. Purga del sistema, control del Hierro sobre el Agua.	80
Foto 11. Tubería de impulsión Pozo No. 3.....	81
Foto 12. Línea de Aducción	82
Foto 13. Tubería de Aducción que atraviesa arroyo.....	83
Foto 14. Tubería al descubierto sobre la carreta en peligro.....	83
Foto 15. Obras de anclaje de tubería para el invierno.....	84
Foto 16. Obra de anclaje de tubería	84
Foto 17. Planta de Tratamiento de agua Potable	85
Foto 18. Torre de aireación.....	86
Foto 19. Tubería de aducción Torre de aireación.....	86
Foto 20. Descarga del agua aireada a canal de filtros.....	87
Foto 21. Tanque de Filtros actuales.....	88
Foto 22. Estructuras de rebose de agua filtrada hacia canal de alimentación de tanques de almacenamiento.....	88
Foto 23. Válvulas de control de drenaje.....	89
Foto 24. Tuberías de salida de tanques y tuberías de drenaje.	90
Foto 25. Lodos extraídos de los filtros.....	91
Foto 26. Tubería de 4" para retrolavado y desagüe.....	92
Foto 27. Tubería de transporte de agua filtrada	93
Foto 28. Válvulas de control de entra y salida de agua	93
Foto 29. Válvulas de control para el proceso de retrolavado.....	94
Foto 30. Válvula con fugas debido a problemas con los sellos.....	94
Foto 31. Tubería de drenaje con filtraciones en el pasa muro	95

Foto 32. Válvula de drenaje de 10" bajo agua si necesidad	96
Foto 33. Laguna de disposición final de aguas de drenaje	96
Foto 34. Torre de aireación. Barreras de retención de agua destruidas.....	97
Foto 35. Perfiles en C de soporte, Torre de Aireación con tornillos galvanizados.....	97
Foto 36. Losa de los tanques destruidas	98
Foto 37. Nudo de uniones soldadas de barandas de seguridad	98
Foto 38. Escalera de acceso a tanques	99
Foto 39. Tapa de entrada a tanques de almacenamiento	99
Foto 40. Escalera de acceso a tanques de almacenamiento.....	100
Foto 41. Tubería de aireación tanque de almacenamiento rotas	100
Foto 42. Válvula de descarga de agua tratada la red de distribución	101
Foto 43. Tubería de drenaje rota	101
Foto 44. Válvula de bypass averiada	102
Foto 45. Columnas de soporte de la planta debilitadas	103
Foto 46. Columna con desprendimiento de material y exposición del refuerzo	103
Foto 47. Columnas de soporte de la planta debilitadas	121
Foto 48. Perdida de las propiedades físicas del concreto.....	124
Foto 49. Obras de refuerzo sobre el suelo alrededor de la planta de tratamiento	124
Foto 50. Lodos por presencia de altos contenidos de hierro (óxido de hierro hidratado)....	128
Foto 51. Escalera de acceso a tanques de almacenamiento.....	147
Foto 52. Escaleras de Acceso a tanques de proceso	147
Foto 53. Unión soldada vallas de seguridad.....	148
Foto 54. Torre de aireación	149
Foto 55. Perfil de soporte torre de aireación	150
Foto 56. Tubería de aireación rota	150
Foto 57. Tubería de aireación adecuada	151
Foto 58. Tapa de acceso a tanque en mal estado	152
Foto 59. Vista lateral Planta de tratamiento de agua potable	152
Foto 60. Sistema Hidráulico de retrolavado de filtros	153
Foto 61. Válvulas de paso de agua y drenaje	154
Foto 62. Válvula de Bypass	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pozos superficiales	22
Figura 2. Sistema de recolección de agua lluvia.....	23
Figura 3. Captación por gravedad y conducción por gravedad	24
Figura 4. Captación por gravedad y conducción forzada	24
Figura 5. Captación por gravedad y distribución forzada por bombeo.....	25
Figura 6. Pozos perforados. a) Bombeo desde la superficie. b) Bomba sumergible.....	29
Figura 7. Bombas de desplazamiento positivo. a) Bomba de pistón. b) Bomba de diafragma.	31
Figura 8. Ariete hidráulico.....	32

Figura 9. Elementos consecutivos de una bomba centrífuga	33
Figura 10. Bomba Sumergible portátil.....	35
Figura 11. Curva de rendimiento de una bomba centrífuga	36
Figura 12. Curvas de rendimiento de una bomba centrífuga	37
Figura 13. Elementos de una estación bombeo	38
Figura 14. a) Reducción excéntrica. b) Reducción concéntrica.....	39
Figura 15. Conducción forzada.....	42
Figura 16. Válvula de purga.....	42
Figura 17. Ubicación de la ventosa y detalle de la válvula	43
Figura 18. Válvula de corte a) Válvula de compuerta. b) Válvula de mariposa	44
Figura 19. Estructura de una planta de tratamientos	47
Figura 20. Tanque de distribución superficial	48
Figura 21. Tanque de distribución elevado	48
Figura 22. Tanque de distribución y compensación superficial.....	49
Figura 23. Esquema de corrosión de un metal de Zn que se oxida a	53
Figura 24. Algunos de los tipos de corrosión más comunes por influencia del medio, las estructuras y composiciones del metal	55
Figura 25. Medias para obtener buenas propiedades en el concreto.....	57
Figura 26. Localización del Departamento de Bolívar.....	66
Figura 27. Localización del municipio de Clemencia, Bolívar	66
Figura 28. Gráficas de distintas variables climatológicas en Clemencia (Promedio últimos 18 años)	70
Figura 29. Gráficas de Precipitación en Clemencia	71
Figura 30. Esquema del Sistema de Acueducto Municipio Clemencia	76
Figura 31. Vista general de la red de aducción.....	82
Figura 32. Vista lateral planta de tratamiento de agua, cota máxima (Anexos, ítem 2).....	106
Figura 33. Curva del sistema de Bombeo del Pozo No. 2	112
Figura 34. Curva del Sistema de Bombeo del Pozo No. 3	115
Figura 35. Incrustaciones por productos de corrosión.....	127
Figura 36. Incrustaciones por aguas duras	128
Figura 37. Tubería Corroída internamente con desprendimiento de pared.....	129
Figura 38. Zeolita natural	132
Figura 39. Preparación de la zeolita.....	133
Figura 40. Película sorbente de óxidos de hierro y manganeso	134
Figura 41. a) Torre de Aireación. b) Anillos de Pall-Ring.....	135
Figura 42. Plan de mantenimiento limpieza de filtros	138
Figura 43. Plan de mantenimiento torre de aireación	139
Figura 44. Plan de mantenimiento limpieza de tanques de almacenamiento.....	140
Figura 45. Refuerzo estructural recomendado.....	146

INTRODUCCIÓN

El Municipio de Clemencia Bolívar posee en su cabecera municipal un acueducto que fue construido en 1995 y que a la fecha posee problemas de funcionamiento que afectan la calidad y continuidad del servicio que se le presta a la población. La Planta de Tratamiento de Agua Potable es uno de los componentes del sistema más afectados debido a que a la fecha no se le han realizado obras de mantenimiento y mejoramiento, por lo cual se encuentra físicamente deteriorada y presenta problemas de funcionamiento mecánicos generando dificultades en el sistema hidráulico (bajas presiones debido a las grandes pérdidas), esto ocasiona un funcionamiento no adecuado el cual se ve reflejado en la falta del recurso hídrico. Como Ingenieros mecánicos pertenecientes a la región de Departamento de Bolívar, estamos capacitados para resolver este tipo de problemas mecánicos e hidráulicos basados en los conocimientos adquiridos en asignaturas como mecánica de fluidos, máquinas de flujo, materiales de ingeniería, dibujo mecánico entre otros.

El estudio y la investigación para resolver este problema se basara en un plan de acción propuesto bajo un esquema de trabajo de campo y oficina donde se ejecutará un diagnóstico técnico y propuestas de mejoramiento, con lo que se espera encontrar las soluciones más viables técnicamente y económicamente para asegurar el adecuado funcionamiento y la vida útil de la planta de tratamiento de agua potable y evitar su posible colapso estructural, mecánico e hidráulico que afecte el abastecimiento del preciado líquido a toda la población.

El proyecto descrito ha sido viabilizado y apoyado por el operador del sistema de acueducto la empresa AGUAS Y ASEO DE LA CORDIALIDAD S.A.S. E.S.P. cuya sede de operación se encuentra en el mismo municipio de Clemencia, el cual al final del estudio recibirá las recomendaciones técnicas de mejoramiento.

El presente documento se presenta como un anteproyecto para optar por el título de INGENIERO MECÁNICO en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Municipio de Clemencia Bolívar, cuenta con un sistema de acueducto que es abastecido por tres pozos profundo que se encuentra ubicados en los alrededores del Municipio, desde allí el agua es transportada a una planta de potabilización que trata el agua para el mismo municipio; finalmente, después de llegar al tanque de almacenamiento, parte del agua tratada es conducida hacia la red del Pueblo.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable al igual que el sistema de acueducto fue construido en 1995 y desde esta fecha no se ha realizado actividades de inversión, mejoramiento o mantenimiento, lo que ha llevado al desgaste y disminución de vida útil de tuberías, válvulas y accesorios, así como el deterioro estructural.

Estructuralmente la Planta de Tratamiento de Agua Potable se ha deteriorado con el paso de los años debido a la corrosión, erosión y la falta de atención por parte de los organismos competentes.

Hidráulicamente los accesorios (válvulas, codos) de la planta se encuentran en estado de desgaste, corroídos y vida útil caducada. Los cuales afectan la eficiencia del sistema reflejada en presiones bajas, fugas, entre otras.

Por otra parte, de acuerdo a lo entrevistado con los funcionarios de la Alcaldía de Clemencia, el municipio no cuenta con recursos suficientes para construir una nueva planta, por lo que el mejoramiento de la actual, se considera como una única alternativa actualmente.



Foto 1. Deterioramiento Estructural. a) Erosión. b) Corrosión
Fuente: Autor



Foto 2. Torre de aireación en fibra de vidrio
Fuente: Autor



Foto 3. Tubería Corroída y con filtraciones

Fuente: Autor



Foto 4. Válvulas de control abandonadas y con vida útil expirada

Fuente: Autor

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Planta de Tratamiento de Agua Potable posee grandes problemas de deterioro y de funcionamiento que ameritan un estudio técnico mecánico e hidráulico que permita formular acciones correctivas para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y evaluar técnicamente, bajo la perspectiva de la ingeniería mecánica, la planta de tratamiento de agua potable del acueducto del Municipio de Clemencia, Departamento de Bolívar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

- Inspeccionar el estado físico e hidráulico la planta de tratamiento de agua potable: Tanque de almacenamiento, accesorios hidráulicos, estructura de soporte y torre de aireación.
- Verificar la capacidad de las bombas instaladas actualmente mediante un análisis hidráulico.
- Realizar un análisis mecánico del estado actual de la planta de tratamiento de agua potable.
- Evaluar técnicamente los resultados y recomendar acciones de mejoramiento para la planta de tratamiento de agua potable.
- Elaborar plan de mantenimiento para garantizar la vida útil de los elementos que componen la planta de tratamiento de agua potable.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista social, el estudio se justifica en el derecho que tienen los habitantes de contar con un servicio de acueducto adecuado para mejorar su calidad de vida.

Desde el punto de vista técnico, el estudio se justifica debido a que sólo la evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua potable, desde la perspectiva de la ingeniería mecánica, permitirá el conocimiento de las acciones y actividades de mejoramiento a implementar por la empresa.

Finalmente desde el punto de vista académico, el estudio permite la implementación de los conceptos aprendidos y desarrollados en la carrera de ingeniería mecánica especialmente en el tema de mecánica de fluidos, máquinas hidráulicas, materiales de ingeniería, mantenimiento y realización de proyectos.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE

El presente estudio requiere conocer diferentes conocimientos de las distintas áreas de la ingeniería mecánica tales como la mecánica de fluidos, máquinas de flujo para la compresión de los sistemas de acueducto.

También conocimientos en el área de Ciencia de Ingeniería y Tecnología de Fabricación para la compresión del fenómeno de la corrosión sobre los metales ferrosos y sobre la durabilidad de las estructuras de concreto. Que son uno de los principales problemas que posee la planta de tratamiento de agua potable en estudio.

Todo esto para una compresión adecuada del funcionamiento del estado actual del sistema en estudio.

4.1.1 Sistemas de acueductos

Dentro de la problemática del “saneamiento básico” de comunidades, tienen enorme importancia el suministro de agua potable y la recolección de las aguas residuales. Cualquier población, por más pequeña que sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social y económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de morbilidad y mortalidad, en especial de la población infantil.

El trabajo que deben realizar los ingenieros hoy en día no es tanto el diseño y ampliación de redes en grandes ciudades, sino la creación de la infraestructura necesaria en poblaciones pequeñas, con miras a lograr soluciones adecuadas y acorde con una limitada inversión de capital.

Si se pretende suministrar agua potable a una comunidad, se requiere llevar a cabo una serie de obras hidráulicas para la captación, el sistema de purificación del agua, la conducción, el almacenamiento y la distribución. Igualmente, para la recolección de las aguas.

4.1.2 Abastecimiento de Agua

4.1.2.1 *Esquema convencional de abastecimiento*

Cualquier sistema de abastecimiento de agua a una comunidad, por rudimentario que sea, consta de los siguientes elementos:

- Fuente de abastecimiento.
- Obra de captación.
- Obras de conducción.
- Tratamiento del agua.

- Almacenamiento.
- Distribución.

1. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento de agua puede ser superficial, como en caso de ríos, lagos embalses o incluso aguas lluvias, o de aguas subterráneas superficiales o profundas. La elección del tipo de abastecimiento depende de factores tales como la localización, calidad y cantidad.

2. Obras de Captación

La clase de estructura utilizada para la captación del agua depende en primer lugar de la fuente de abastecimiento. En general, en los casos de captación de aguas superficiales se habla de bocatomas, mientras que en la captación de aguas subterráneas se hace referencia a los pozos.

3. Obras para el transporte del Agua

En un proyecto de acueductos, existen diferentes necesidades de transporte de agua. En principio, las condiciones de diseño para el transporte de agua dependerán del tipo de fluido; en este sentido, se puede transportar agua cruda (sin tratamiento), en cuyo caso el término empleado para referirse a este tipo de transporte es *aducción*, o se puede transportar agua potable (tratada), evento en el que se usa el término *conducción*.

Dependiendo de las condiciones topográficas y la distancia, el transporte de agua puede efectuarse en tuberías o conductos a presión o por gravedad. La *aducción*, por tratarse de transporte de agua cruda, puede realizarse en conductos abiertos o cerrados, pero las *conducciones* deben hacerse en conductos cerrados, normalmente tuberías que trabajan a una presión mayor que la atmosférica (*conducción forzada*).

4. Tratamiento del agua

En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo; además, siempre se requeriría un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la *conducción* del agua.

5. Almacenamiento

Dado que el caudal de captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, se requiere almacenar agua en un tanque durante los períodos en los que la demanda es menor que el

suministro y utilizarla es los períodos en que la comunidad necesite gran cantidad del líquido.

6. Distribución

La distribución de agua a la comunidad puede hacerse desde la manera más simple, que sería un suministro único por medio de una pileta de agua, hasta su forma más compleja, por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio.

4.1.2.2 Fuentes de abastecimiento

De acuerdo con las características del proyecto tales como disponibilidad de fuentes de agua, tamaño de la población, caudal requerido y recursos económicos, se puede adoptar un sistema de captación primario o principal.

4.1.2.2.1 Sistemas primarios

Por su bajo costo, sencillez de construcción y manejo, estos sistemas son más adecuados para comunidades muy pequeñas o soluciones individuales de agua.

- Pozos superficiales

Debido a la naturaleza de las formaciones geológicas y de la hidráulica subterránea, estos pozos se pueden excavar manualmente o mediante la utilización de barreno manual. Su profundidad por lo general no es mayor de 20 metros, el caso de perforaciones con barreno manual.

Dependiendo de las características del nivel piezométrico y de las condiciones hidráulicas del depósito de agua, puede presentarse el caso de un acuífero artesano (el agua sale a la superficie sin necesidad de bombas), o de un acuífero que se recarga por la infiltración superficial, en cuyo caso hay necesidades se usar bombeo, en general mediante bombas sumergibles.

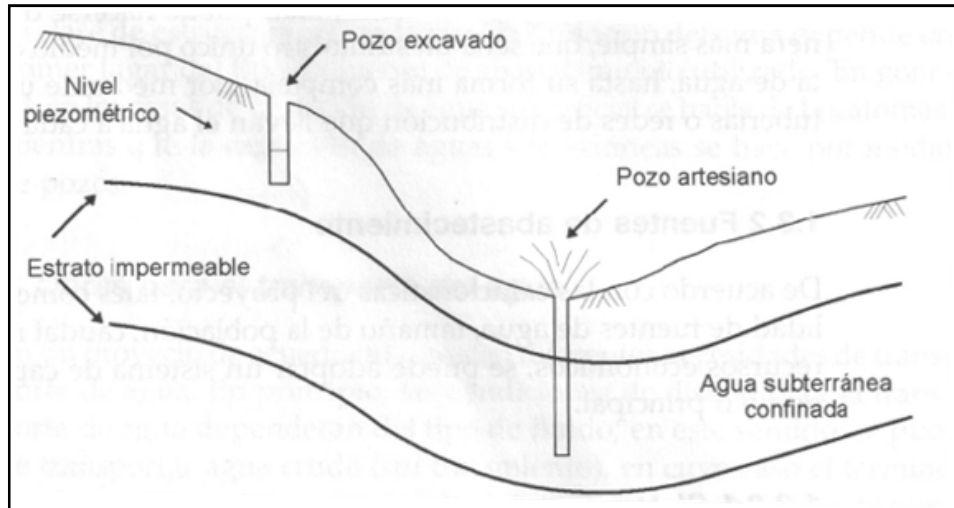


Figura 1. Pozos superficiales

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

- Cisterna

Las cisternas son sistemas de recolección y almacenamiento de aguas lluvias. Esta es una solución viable en zonas rurales donde no se dispone fácilmente de otras fuentes de agua.

Para obtener agua potable se debe por lo menos filtrar y clorar. La calidad física y química del agua al comienzo de la lluvia no es aceptable, ya que inicialmente arrastra y adsorbe partículas de polvo y otros contaminantes atmosféricos y de los tejados.

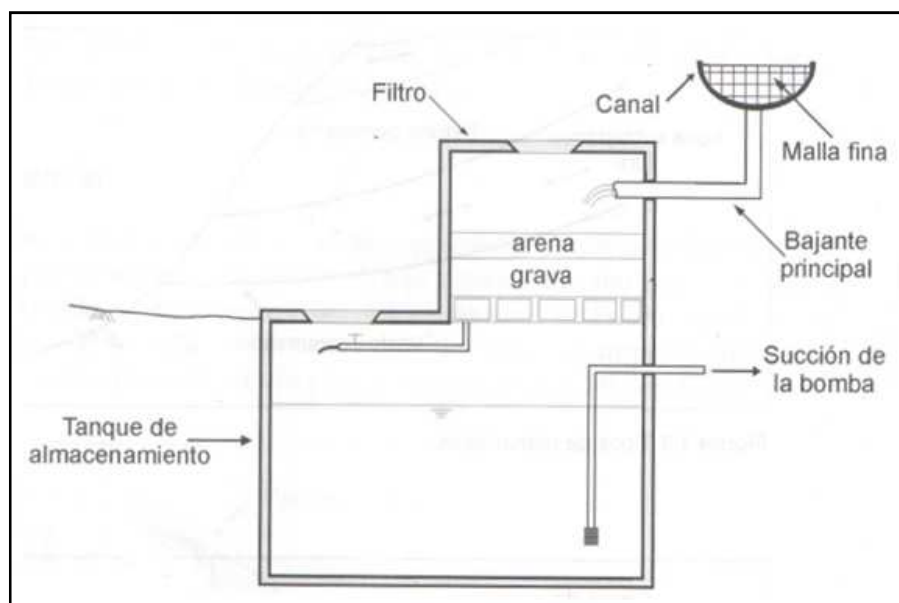


Figura 2. Sistema de recolección de agua lluvia

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.2.2.2 Sistemas Principales

Los sistemas principales se utilizan para poblaciones pequeñas pero estructuradas (municipios). Estos sistemas de abastecimiento se clasifican según se indica en la tabla 1. Y se ilustra en las figura 3.

Captación	Tipo de flujo
Gravedad	Flujo en conducción a superficie libre
	Flujo en conducción forzada
Bombeo	Flujo en conducción a superficie libre
	Flujo en conducción forzada

Tabla 1. Tipos de captación y conducción en sistemas principales

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

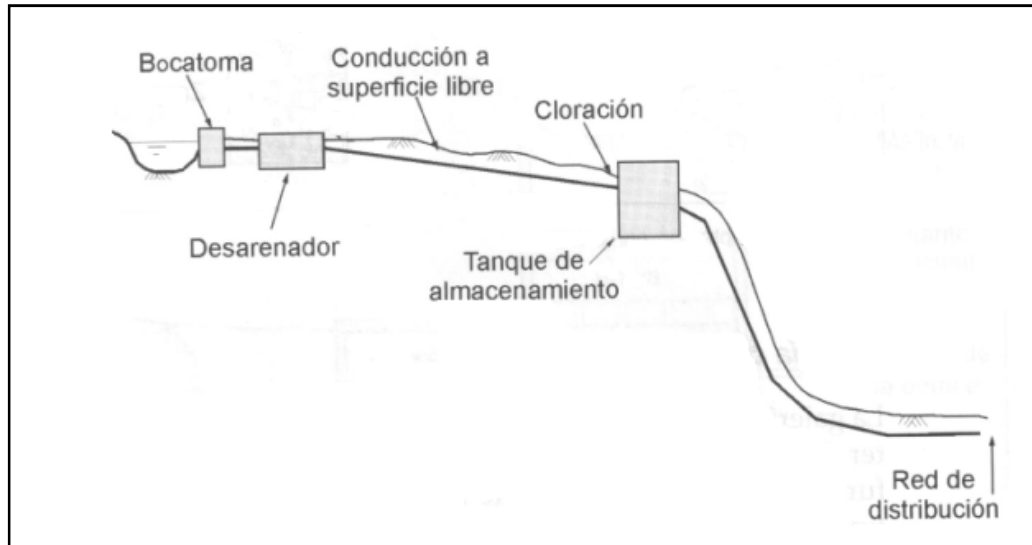


Figura 3. Captación por gravedad y conducción por gravedad
Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

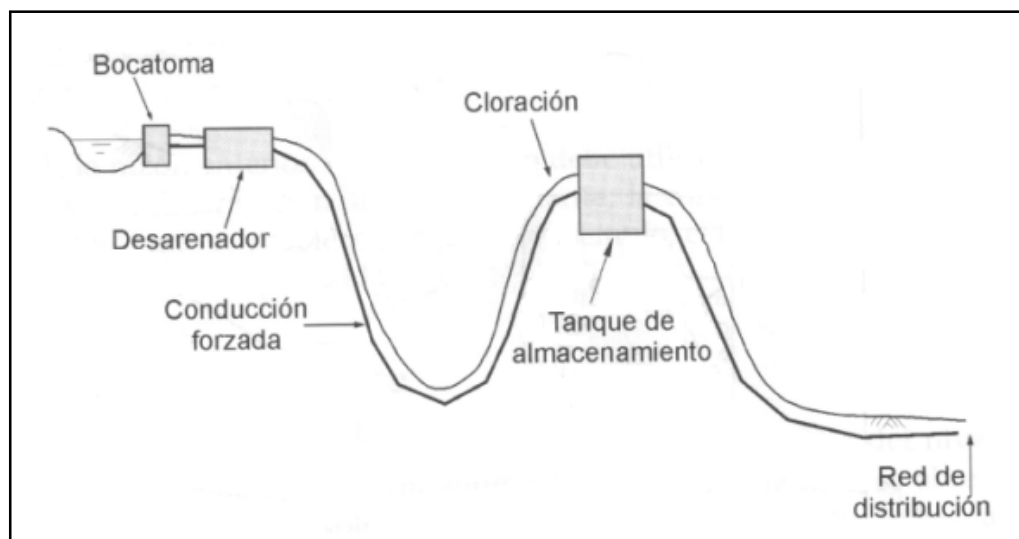


Figura 4. Captación por gravedad y conducción forzada
Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

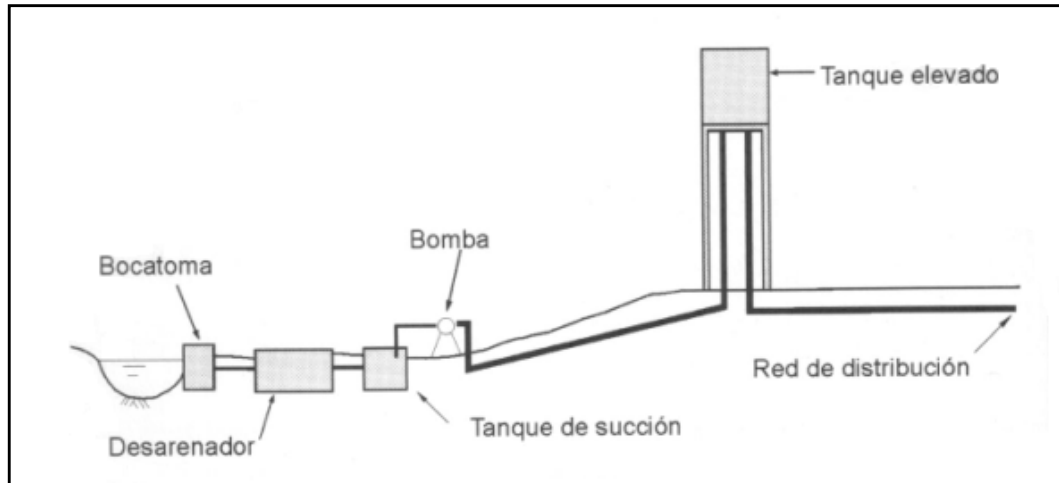


Figura 5. Captación por gravedad y distribución forzada por bombeo

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.2.3 Volumen de Agua

La determinación de la cantidad de agua que debe suministrar el acueducto es la base del diseño de este. En razón de que los sistemas de acueducto están contruidos por estructuras relativamente grandes, tales como presas, plantas de tratamiento, conducciones, etc. Todo lo anterior debe satisfacer la necesidad de la población durante un período suficientemente grande.

Para cumplir con esto, hay que tener en cuenta factores tales como:

- Período
- Población
- Área
- Hidrología
- Usos del agua
- Inversión del capital

4.1.3 Abastecimiento de Aguas Subterráneas

El agua subterránea, más que una simple solución del problema de abastecimiento de agua, es un elemento vital en el balance del ciclo hidrológico y, por ende, debe tratarse con cuidado para no dañar o alterar de manera radical.

Su importancia es tal que ocupa el segundo lugar en la distribución de los volúmenes de agua sobre la tierra con un 2%, mientras el primer lugar es para los océanos y mares con un 94%.

4.1.3.1.1 El agua subterránea como recurso natural

El agua subterránea es el recurso natural que ha interesado tradicionalmente al hombre con el fin de explotarlo para abastecer de agua a una comunidad, cuando las características físicas de la región no se disponen de agua superficial de utilización factible.

Sin embargo, debido al constante desarrollo de la humanidad, la contaminación de los cuerpos de agua ha aumentado rápidamente y con ella la contaminación de las aguas subterráneas. Paradójicamente, técnicas de tratamiento de aguas residuales tales como la inyección de aguas residuales mediante pozos, lagunas de estabilización, rellenos sanitarios y otras, pueden llegar a contaminar los depósitos de agua subterránea.

El desarrollo de los recursos de agua subterránea para su utilización en el abastecimiento a una comunidad se cumple en tres etapas a saber:

- ✓ Exploración
- ✓ Evaluación
- ✓ Explotación

4.1.3.1.2 Hidráulica de aguas subterráneas

La ecuación de continuidad establece que la descarga específica o flujo a través de un cilindro es:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ecuación. 1})$$

Siendo Q el caudal y A el área transversal del cilindro.

Experimentos realizados por Darcy establecen que la velocidad de flujo a través de un medio poroso, v , es proporcional a la diferencia de presiones entre dos secciones de un volumen de control a la longitud entre ellas.

Se tiene entonces:

$$v = K \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad (\text{Ecuación. 2})$$

En donde:

h = Cabeza hidráulica

$\frac{\Delta h}{\Delta l}$ = gradiente hidráulico o pérdidas de energía por unidad de longitud = i

K = conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad

En otras palabras, la ecuación de Darcy es:

$$Q = K \cdot i \cdot A \quad (\text{Ecuación. 3})$$

Es conveniente encontrar un parámetro que describa las propiedades conductivas de un medio poroso independientemente del tipo de fluido que pasa a través de él. Se llega entonces a otra forma de presentación de la ecuación de Darcy:

$$v = \frac{Cd^2 \rho g \Delta h}{\mu \Delta l} \quad (\text{Ecuación. 4})$$

En donde:

v = velocidad del fluido a través del medio poroso

C = constante de proporcionalidad

ρ = densidad del fluido

μ = viscosidad dinámica del fluido

g = aceleración de la gravedad

d = diámetro de las partículas

De la **ecuación 4** se observa que los términos ρ y μ son función del fluido y el término $C d^2$ es función del medio poroso. Definiendo:

$$k = Cd^2 \quad (\text{Ecuación. 5})$$

En donde k es conocida como la permeabilidad específica (L2).

La conductividad hidráulica, K , definida en la **ecuación 2** se expresa entonces como:

$$K = \frac{Cd^2 \rho g}{\mu} = \frac{k \rho g}{\mu} = \frac{ky}{\mu} \quad (\text{Ecuación. 6})$$

Y el caudal se obtiene reemplazando la conductividad hidráulica en la **ecuación 4**

$$Q = \frac{ky}{\mu} \cdot i \cdot A \quad (\text{Ecuación. 7})$$

4.1.3.2 Pozos de bombeo de aguas subterráneas

Un pozo es una estructura utilizada para captar el agua subterránea de un acuífero. Existen tipos de pozos, según su forma de construcción y manera de captación del agua.

En cualquier caso, existen normas generales para la localización y protección de cualquier pozo. Algunas de ellas son:

No se debe ubicar en terrenos inundables. En el caso de terrenos planos, se debe hacer un relleno a manera de plataforma alrededor del pozo.

El pozo debe estar localizado lejos de cualquier fuente de contaminación, como pozos sépticos, letrinas, caños de aguas negras, rellenos sanitarios y otros. Se recomienda ubicar el pozo a una distancia mínima de 25 metros de cualquier fuente de contaminación.

Se debe evitar el acceso de toda clase de animales en los alrededores del pozo. Se incluye la protección que se debe dar contra insectos y roedores.

Existen diferentes tipos de pozos, según su construcción. Pero en esta temática hablaremos de uno en específico ya que aplica al objetivo del trabajo.

4.1.3.2.1 Pozos perforados

Este tipo de pozos es el más adecuado para el suministro de agua a poblaciones de cierto tamaño o a instalaciones industriales. Por la naturaleza de su construcción son pozos profundos (se pueden llegar fácilmente a 150 metros) y, por tanto, los de mejor calidad de agua; pueden atravesar cualquier tipo de formación geológica.

Existen tres métodos de perforación:

- Perforación por percusión

La construcción de un pozo perforado por percusión se hace dejando caer un barreno pesado (o martinete) dentro del hueco, el cual al llegar al fondo rompe el material de la perforación. Por medio de un motor se levanta el barreno y se le echa agua al pozo para extraer el material disgregado por medio de una bomba o de una cuchara cilíndrica.

- Perforación hidráulica rotatoria

Con este método se usa agua a presión para ir extrayendo el material triturado por el elemento rotatorio. El agua se reutiliza, previa sedimentación de la misma. En el caso de perforaciones en suelos blandos, al tubo de revestimiento se le da un giro permanente; dicho tubo tiene como primer elemento un tubo con borde cortante de acero.

- Perforación por percusión y rotación

Este es un sistema de perforación que combina los dos métodos anteriores

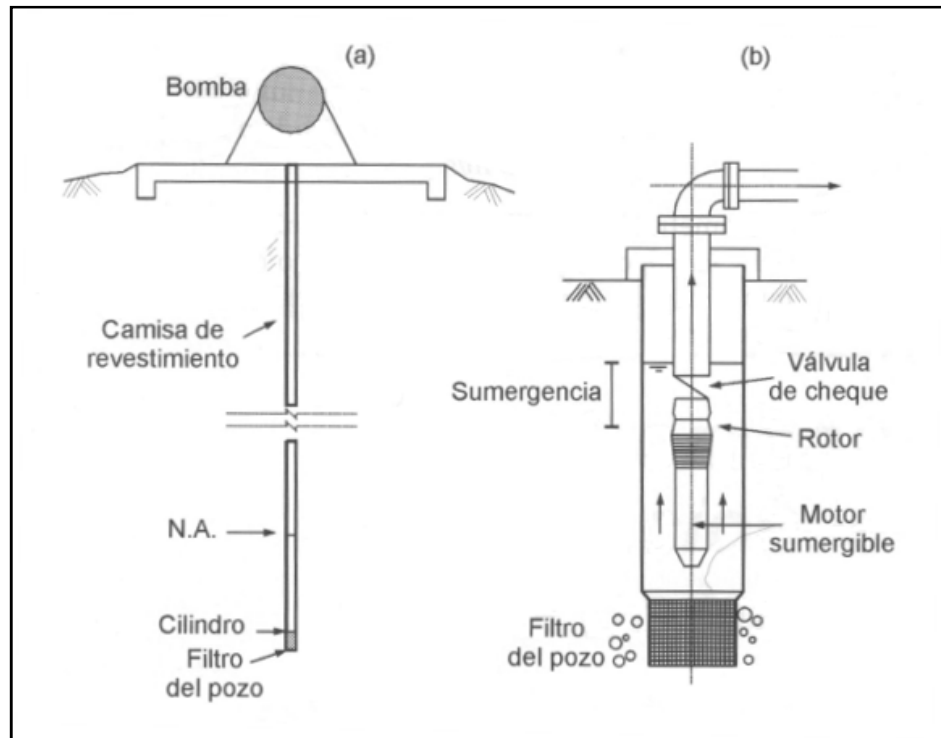


Figura 6. Pozos perforados. a) Bombeo desde la superficie. b) Bomba sumergible

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.4 Bombas y estaciones de Bombeo

Una bomba es una máquina hidráulica capaz de transformar energía, absorbiendo un tipo de energía y restituyéndola en otra. En general, se considera el fluido que intercambia energía como de peso específico constante y, por tanto, incompresible.

4.1.4.1 Clasificación de las Maquinas Hidráulicas

Las máquinas hidráulicas pueden clasificarse de acuerdo con el principio fundamental de funcionamiento, es decir, que si se tiene en cuenta que en toda máquina hay un elemento móvil responsable de la transformación de energía, se establece la ecuación de energía entre la entrada y la salida de dicho elemento, así:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \Delta H = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (\text{Ecuación. 8})$$

En donde ΔH es la energía transformada. Despejando este valor de la **ecuación 8**, se tiene:

$$\Delta H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) \quad (\text{Ecuación. 9})$$

De la **ecuación 9** surge la primera clasificación de las máquinas hidráulicas en términos de la fuente de suministro de energía:

Generadores. Si el valor de ΔH es positivo, se suministra la energía mecánica al líquido. Este es el caso de las bombas.

Motores: Si el valor de ΔH es negativo, el líquido suministra la energía. Este es el caso de las turbinas.

En el caso particular de las bombas, existen tres formas de realizar la restitución de energía, a saber:

Energía de presión: $\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$

Energía Cinética: $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$

Energía potencial: $Z_2 - Z_1$

4.1.4.1.1 Máquinas de desplazamiento positivo

El intercambio de energía se manifiesta en forma de presión. En el caso de bombas, usualmente estas son de dos tipos: de presión o de diafragma (figura 7)

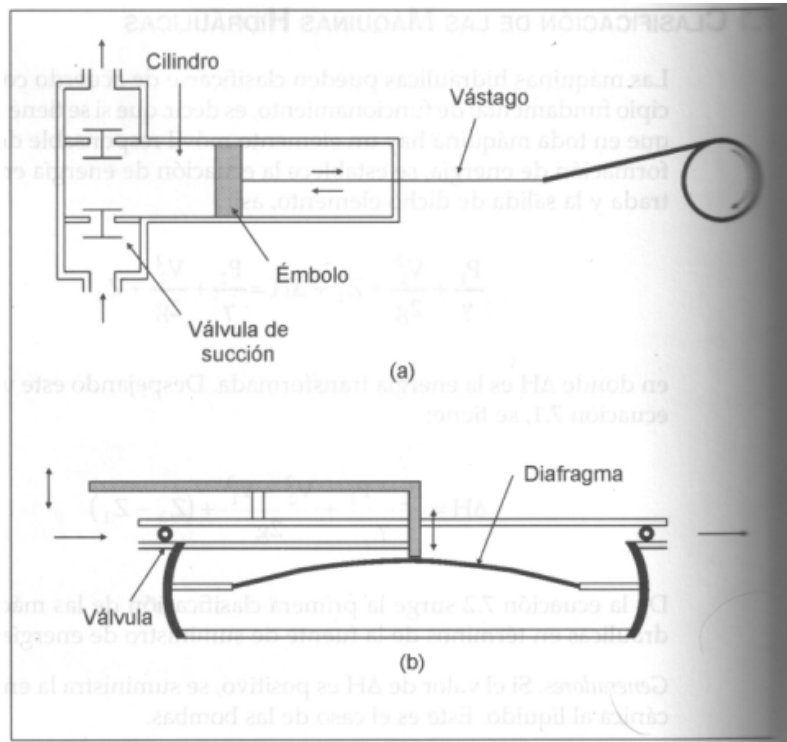


Figura 7. Bombas de desplazamiento positivo. a) Bomba de pistón. b) Bomba de diafragma.

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICIÓN, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

El principio de funcionamiento de estas bombas es el del desplazamiento positivo y su movimiento es generalmente alternativo, aunque puede ser de movimiento rotativo. Su uso más frecuente ocurre en el campo de la dosificación de químicos, que requiere un caudal pequeño y su altura de elevación no es muy grande.

4.1.4.1.2 Turbomáquinas

La transformación de energía se hace principalmente en forma de energía cinética. Su movimiento es siempre rotativo y por ello reciben también el nombre de bombas centrífugas. El principio de funcionamiento de estas bombas, es la ecuación de Euler.

Estas bombas son las más comunes en acueductos.

4.1.4.1.3 Máquinas gravimétricas

El intercambio de energía se realiza en forma de energía de posición. Dentro de este tipo de bombas se encuentran las ruedas hidráulicas y ariete hidráulico.

4.1.4.1.3.1 Ariete hidráulico

El ariete hidráulico es una máquina gravimétrica utilizada para elevar una cantidad de agua q a una altura h , aprovechando la energía de una masa de agua por unidad de tiempo Q , que cae a una altura H (figura 8)

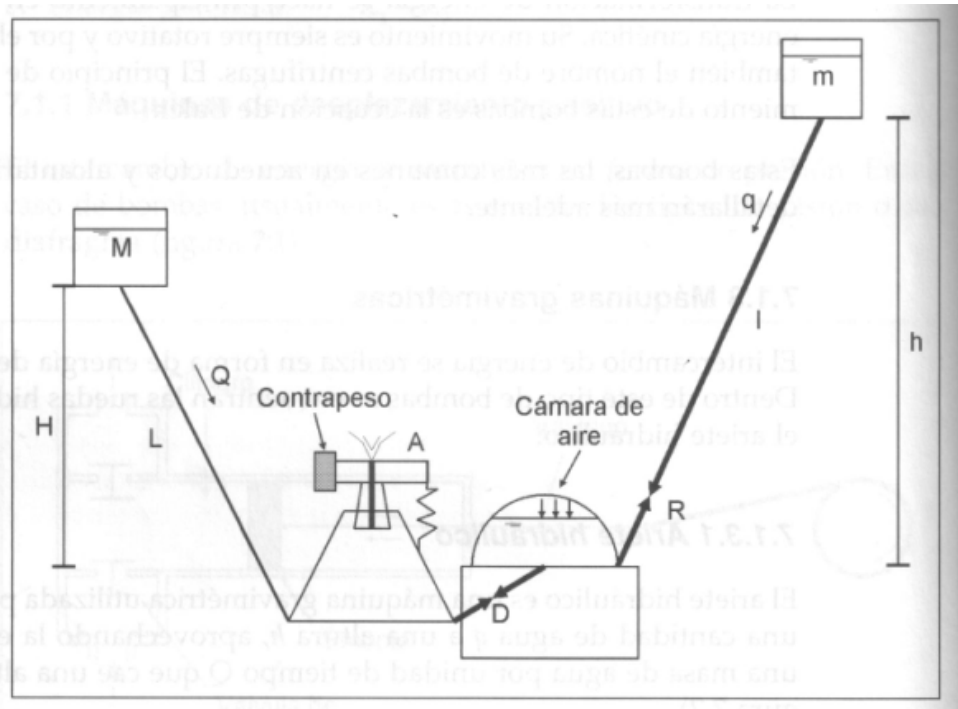


Figura 8. Ariete hidráulico

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

El ariete se emplea mucho en sistemas de abastecimiento primarios como manantiales, al igual que arroyos o en ríos pequeños.

El caudal de agua utilizado oscila entre 5 y 150 L/min; en ocasiones se obtiene caudales de hasta 800 L/min.

La tubería de carga debe ser recta y de mayor diámetro que la tubería de impulsión.

4.1.4.2 Bombas Centrífugas

También se denominan bombas "Rotodinámica" porque su movimiento es siempre rotativo. El elemento transmisor de energía, llamado rodete, transmite la energía mecánica suministrada por un motor al fluido en forma de energía cinética.

Algunas de las clasificaciones de las bombas centrífugas son:

Dirección del flujo: Flujo radial, Flujo axial, Flujo radioaxial.

Posición del eje: Eje vertical, Eje horizontal, Eje inclinado.

Presión engendrada: Presión baja, Presión media, Presión alta.

Entrada a la bomba: Aspiración simple, Aspiración Doble.

4.1.4.2.1 Elementos consecutivos de las bombas centrífugas

Los siguiente elementos son de estas bombas, figura 9.

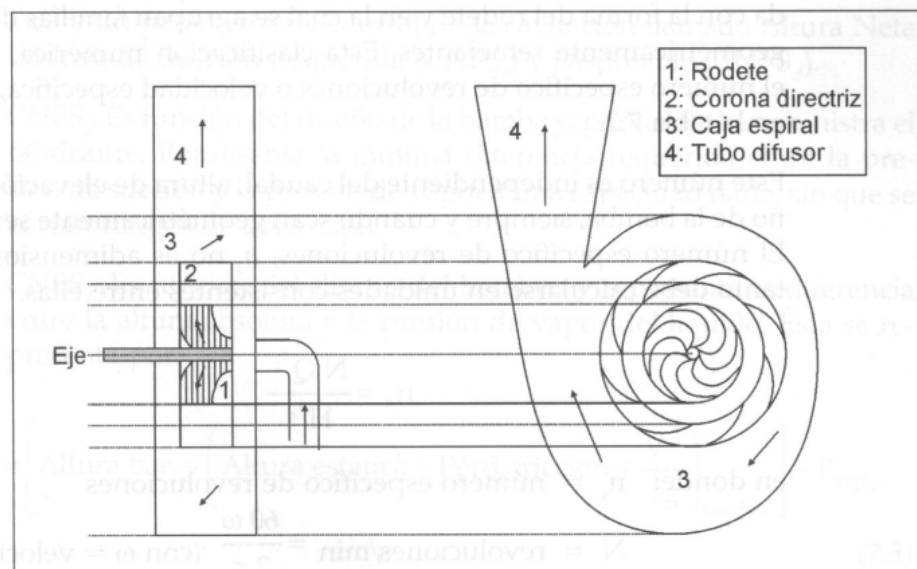


Figura 9. Elementos consecutivos de una bomba centrífuga

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICIÓN, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

Rodete o Impeler. Este elemento está conectado con el motor de la bomba y gira con respecto al eje del mismo. Consta de varios álabes que orientan el fluido dentro del rotor e imparten la energía cinética al fluido.

Corona directriz. Consta de una serie de álabes fijos que amplían la sección de flujo gradualmente, transformando la energía cinética en energía de presión. Este elemento es opcional.

Caja espiral. Forma parte del sistema difusor y conduce el agua a la tubería de impulsión. En ella se realiza otra etapa de conversión de energía cinética en energía de presión.

Tubo difusor. Este elemento hace el empate entre la bomba y la tubería de impulsión. Puede ser recto o de forma tronco-cónica; en este último caso, realiza otra etapa de conversión de energía.

4.1.4.2.1.1 *Cavitación*

Es un fenómeno que se presenta cuando la presión en la succión está cercana a la presión de vapor del fluido. En este caso se crean burbujas de aire que, al entrar en contacto en las zonas de mayor presión, se rompen de manera abrupta. Este continuo rompimiento de las burbujas causa daños en el eje del rotor y el impeler, por lo que se debe evitar dicho fenómeno.

4.1.4.2.1.2 *Bombas Sumergibles*

Las bombas sumergibles están diseñadas de modo que pueda sumergirse todo el conjunto de la bomba centrífuga, el motor impulsor y los aparatos de succión y descarga, ver figura 10, muestran un diseño portátil que se instalan es el tubo confinante gracias a su cascara cilíndrica de diámetro pequeño. Estas bombas son útiles para retirar el agua de sitios que no sean de construcción, minas, servicios de sótanos, tanques industriales, bodegas de barco de carga y pozos profundos. La succión de la bomba esta en el fondo, donde fluye el agua a través del filtro y hacia el ojo del impulsor resistente a la abrasión. La descarga fluye hacia arriba a través de un pasaje y fluye hacia un tubo o manguera de descarga que se localiza en el centro. El motor seco se encuentra sellado en el centro de la bomba.

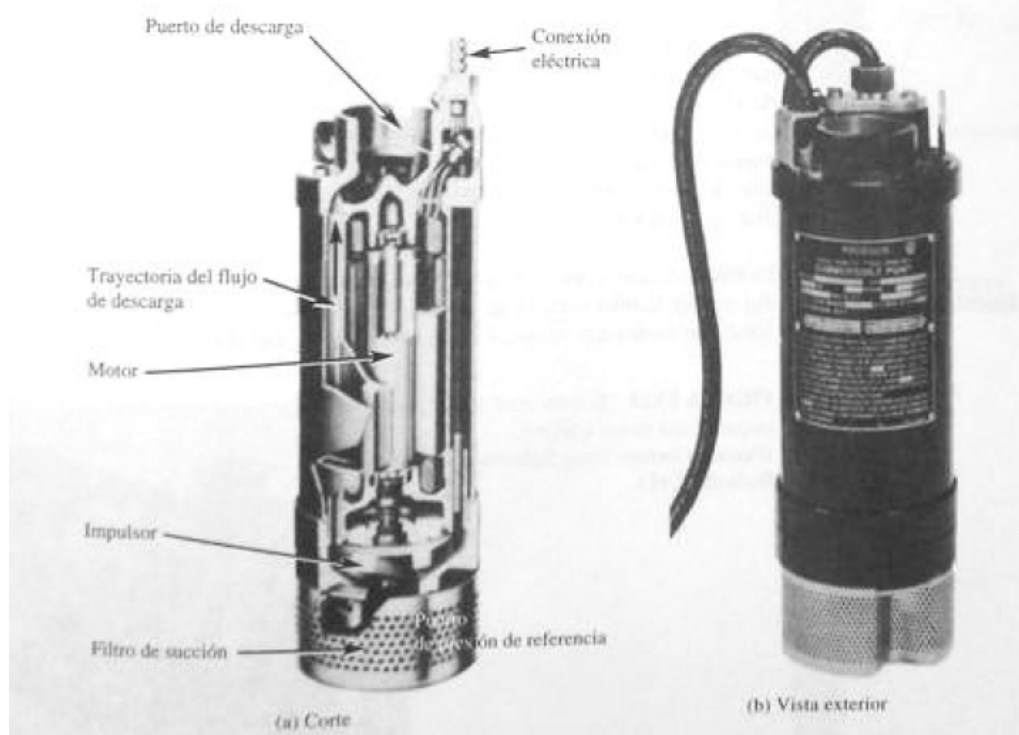


Figura 10. Bomba Sumergible portátil

Fuente: Mecánica de fluidos. Sexta edición. Robert L. Mott

4.1.4.2.1.3 Rendimiento de las bombas centrífugas

Debido a que las bombas centrífugas no son de tipo de desplazamiento positivo, existe una dependencia fuerte entre la capacidad y la presión que debe desarrollar la bomba. Esto hace que la medición de su rendimiento sea algo complicada. La curva de rendimiento común grafica la carga total sobre la bomba H versus la capacidad o descarga Q . como se observa en la figura 11.

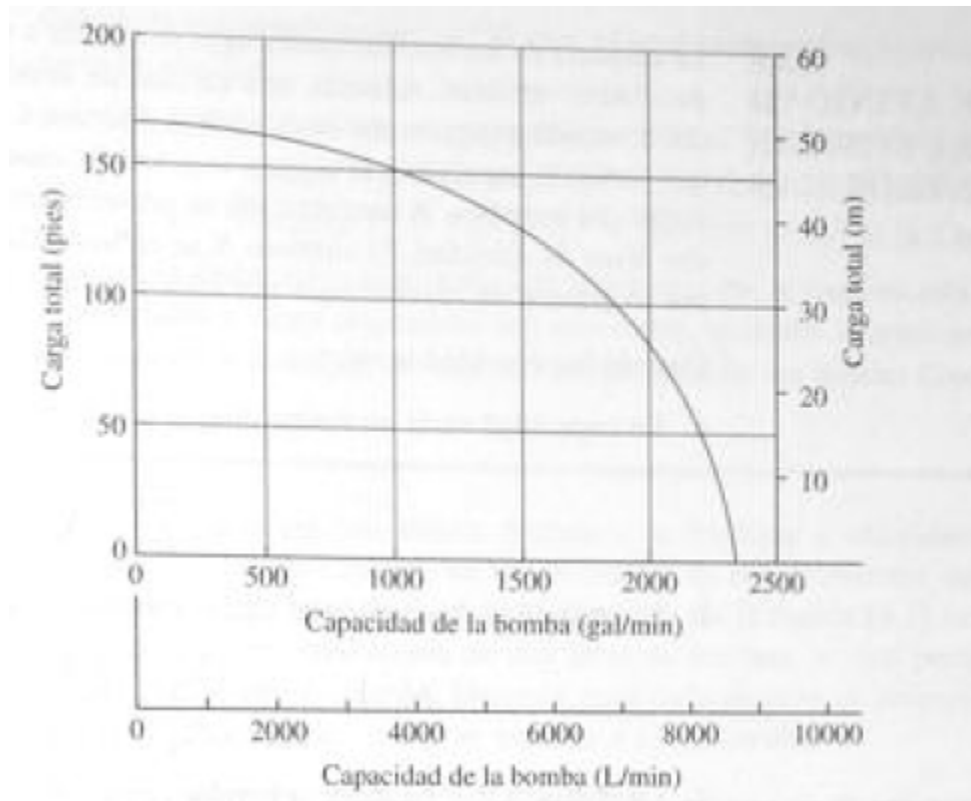


Figura 11. Curva de rendimiento de una bomba centrífuga
Fuente: Mecánica de fluidos. Sexta edición. Robert L. Mott

Para operar con éxito una bomba son importantes la eficiencia y la potencia requerida. La figura 12 presenta una medición más completa del rendimiento de una bomba, en la que se supone las curvas de la carga, eficiencia y potencia, t se gráfica estas tres versus la capacidad. La operación debe estar en vecindad del pico de la curva de la eficiencia, con eficiencias que por lo común están en el rango de 60 a 80%, para bombas centrífugas.

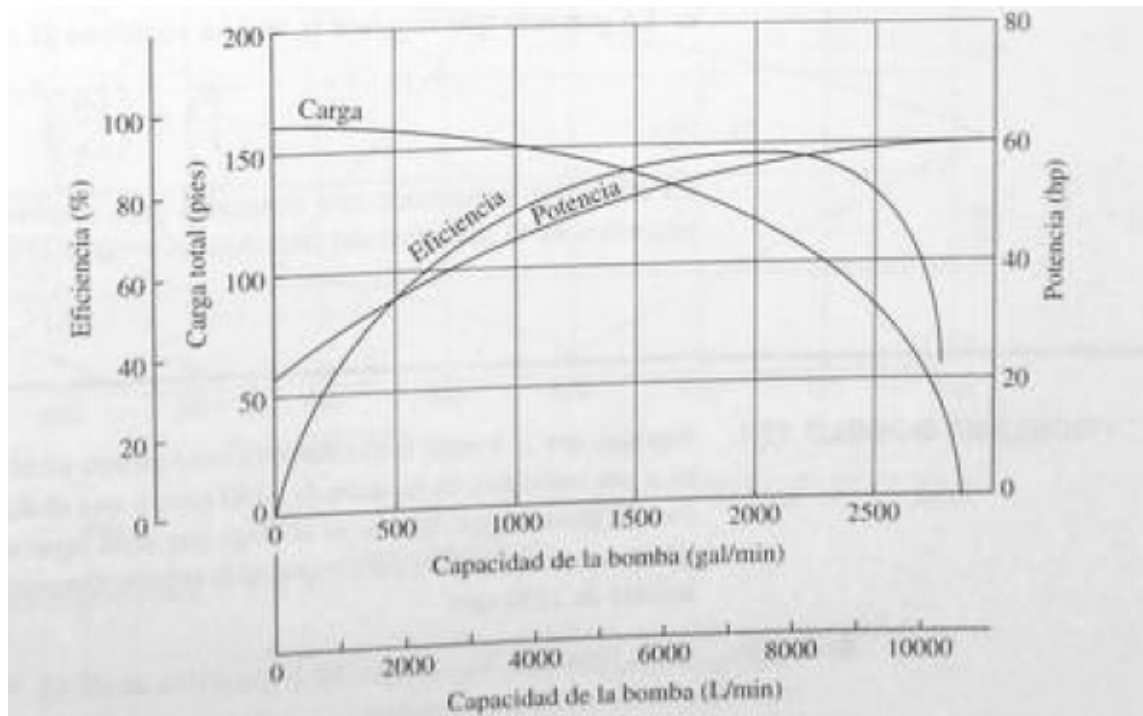


Figura 12. Curvas de rendimiento de una bomba centrífuga
Fuente: Mecánica de fluidos. Sexta edición. Robert L. Mott

4.1.4.3 Estación de Bombeo

Cuando haya necesidad de utilizar el bombeo en un sistema de acueducto, se debe tener en cuenta que esta alternativa resulta costosa desde el punto de vista de operación y mantenimiento, en comparación con las alternativas posibles de conducción por gravedad.

4.1.4.4 Elementos de estación de bombeo

A grandes rasgos, se puede distinguir tres elementos en toda estación de bombeo:

La tubería de succión y sus accesorios (anterior a la bomba)

La bomba (generalmente centrífuga; se debe disponer siempre de una bomba de reserva.

Tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba). Los equipos de bombeo se pueden seleccionar para que vayan de cinco a diez años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base al caudal necesario.

El sistema de bombeo puede operarse de manera continua, o no; esto depende de las características al cual fue diseñado y del tamaño de los tanques resultantes.

En la figura 13 se presenta un esquema de los elementos constitutivos más importantes de una estación de bombeo.

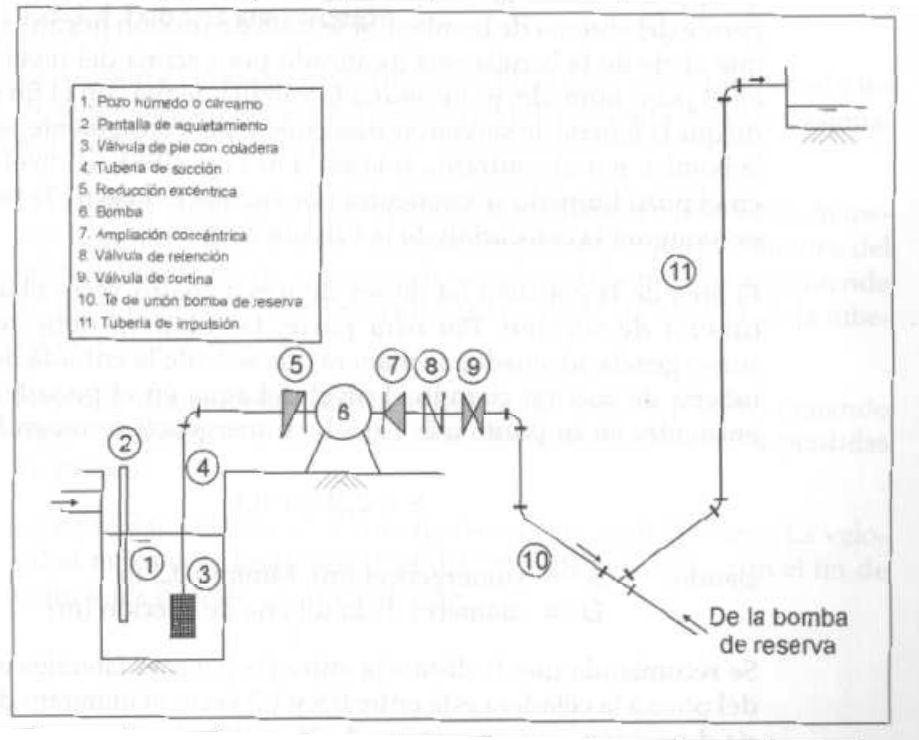


Figura 13. Elementos de una estación bombeo

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.4.4.1.1 *Pozo húmedo*

Es el tanque al cual llega el agua que se va a bombear. El período de retención del agua en el tanque no debe ser superior a los cinco minutos, con el fin de evitar la posible sedimentación de partículas en el tanque.

4.1.4.4.1.2 *Pantalla de equipamiento*

Esta se coloca a la entrada y de manera normal a la tubería de llegada, con el fin de disipar la energía del agua en este punto.

4.1.4.4.2 Válvula de pie con coladera

La coladera es una malla que impide la entrada de cuerpos extraños que puedan dañar la bomba. La colocación de la válvula de pie depende del sistema de bombeo: si se trata de succión negativa, es decir, que el eje de la bomba está ubicado por encima del nivel del agua en el pozo húmedo, es necesaria la válvula de pie con el fin de impedir que la tubería de succión se desocupe y, por consiguiente se descebe la bomba; por el contrario, si la succión es positiva (el nivel del agua en el pozo húmedo se encuentra por encima del eje de la bomba) no se requerirá la colocación de la válvula de pie.

4.1.4.4.3 Tubería de succión

La succión es la etapa más crítica en el bombeo, sobre todo en el caso de tener succión negativa, ya que cualquier entrada de aire ocasionara problemas en el bombeo.

El diámetro de la tubería de succión nunca debe ser inferior al diámetro de la tubería de impulsión ni tampoco menor que el diámetro del orificio de entrada de la tubería de succión a la bomba. Es factible utilizar diámetros comerciales superiores al de la tubería de impulsión.

4.1.4.4.4 Reducción excéntrica

En el caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el diámetro de entrada a la bomba, se debe colocar una reducción excéntrica con el fin de evitar acumulación de aire que ocurriría en la parte superior de la reducción concéntrica. Figura 14.

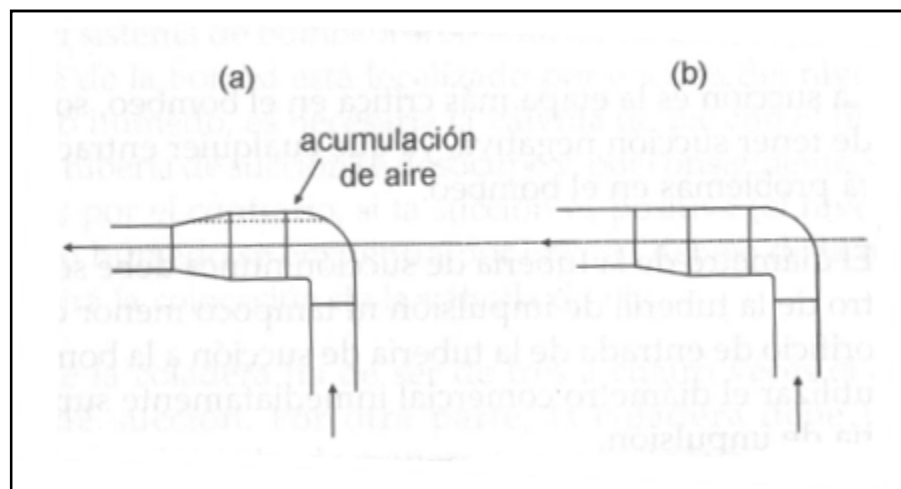


Figura 14. a) Reducción excéntrica. b) Reducción concéntrica

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.4.4.5 Bomba

Al seleccionar la bomba, hay que tomar no sólo las características propias del bombeo (caudal y altura dinámica, eficiencia), sino también otras características, tales como el diámetro de las tuberías, el volumen y tiempo de bombeo al tanque, la operación es serie o en paralelo, el tipo de agua que se va a bombear y la variación de niveles en la succión y descarga.

En toda estación de bombeo debe haber como mínimo una bomba de reserva. Cuando existan más de dos bombas en operación, debe haber una bomba de reserva con capacidad de remplazar cualquier bomba en caso de daño.

4.1.4.4.6 Ampliación concéntrica

Del lado de la impulsión no existen problemas con la formación de bolsas de aire y, por tanto, requiere de cambio de diámetro, la ampliación puede ser concéntrica. La tubería de impulsión debe tener un diámetro mayor o igual del orificio de salida de la bomba y, por tanto, nunca deberá haber reducción de diámetro.

4.1.4.4.7 Válvula de retención

Su función es permitir el paso del agua en la dirección del bombeo y evitar el flujo inverso. De no existir esta válvula, al detener el bombeo toda la cabeza estática de impulsión quedaría actuando sobre el rodete y, por consiguiente, sobre el eje de la bomba, lo cual llevaría a posibles daños de rodete y del eje a largo plazo.

4.1.4.4.8 Válvula de cortina

Tiene por objeto facilitar trabajos de reparación y limpieza de la válvula de retención, entre otros.

4.1.4.4.9 Te de unión con la bomba de reserva

Se coloca de manera que exista una sola tubería de impulsión.

4.1.4.4.10 Tubería de impulsión

Se recomienda que para mantener dentro de valores normales la sobrepresión por golpe de ariete, la velocidad esté en el rango de 1,0 a 3,0 m/s. En todo caso, debe hacerse la evaluación por golpe de ariete.

4.1.5 Aducciones

El transporte de agua depende del tipo de agua que se transporte y las condiciones hidráulicas en que se realizará dicho transporte. Según la clase de agua, se podrá transportar agua cruda (sin tratamiento y por

consiguiente una mayor cantidad de sólidos suspendidos y sedimentables), o agua ya potabilizada, y para cada uno de estos casos existen requerimientos diferentes. Con el fin de distinguir el tipo de agua transportada, en ocasiones se suele llamar aducción el transporte de agua cruda, es decir, todo transporte previo a la planta de purificación o tubería de exceso y lavado, y conducción el transporte de agua tratada, esto es, el transporte de agua después de la planta de purificación.

Desde el punto de vista hidráulico, el transporte de agua puede realizarse a flujo libre o a presión. En el caso de transporte a flujo libre, la lámina de agua se encuentra a la presión atmosférica y el transporte puede presentarse en estructuras construidas en el sitio (canales abiertos o cerrados) o por estructuras prefabricadas (tuberías). En el caso de transporte de agua por conductos que funcionen a presión, podrá producirse el flujo por gravedad o por bombeo, que normalmente se hace utilizando tuberías.

4.1.6 Conducciones

4.1.6.1 Características Hidráulicas de la Conducción

A causa de sus características, ésta se considera una conducción a presión. Este tipo de conducción es más corta que una conducción por escurrimiento libre, ya que no requiere seguir una línea de pendiente determinada.

4.1.6.2 Características Físicas y Accesorios de la Conducción Forzada

4.1.6.2.1 Válvula de purga

Son válvulas instaladas lateralmente, en todos los puntos bajos del trazado (no deben estar en tramos planos), como se indica en las figuras 15 y figura 16, donde haya posibilidad de obstrucción de la sección de flujo por acumulación de sedimentos, facilitando así las labores de limpieza.

La derivación se hace por medio de una te cuyo diámetro mínimo es de 2 pulgadas (5 cm).

En la tabla 2 se indica los diámetros de dicha derivación según el diámetro de la tubería principal, la cual se basa en el criterio de 1/4 del diámetro principal.

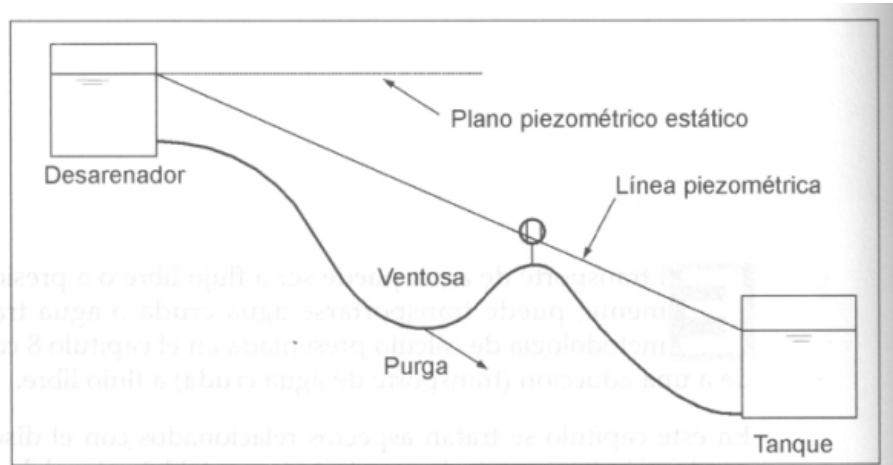


Figura 15. Conducción forzada

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

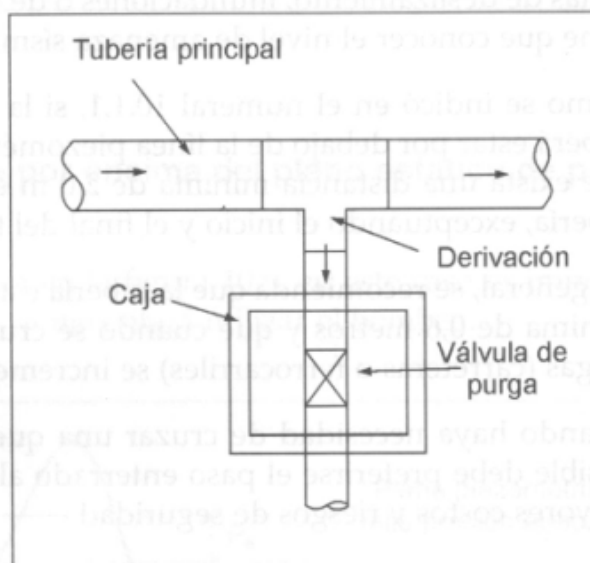


Figura 16. Válvula de purga

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

Tubería principal Diámetro (pulg)	Purga Diámetro (pulg)
3-10	2
12-14	3
16-20	4
24-30	6
32-38	8
≥ 40	10

Tabla 2. Diámetro de la válvula de purga

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.6.2.2 Válvulas de expulsión de aire o Ventosas

Son válvulas de expulsión o admisión de aire, de funcionamiento automático, que deben ubicarse en los puntos altos de la conducción, siempre que la presión de dicho punto o sea muy alta o sea menor que la presión atmosférica.

Estas válvulas tienen varias funciones: 1) expeler el aire de dentro de la tubería durante su llenado; 2) expulsar el aire que tiende a acumularse en los puntos altos; 3) admitir aire seco de operación de una válvula de purga que pueda crear presión negativa en la tubería. (Figura 17)

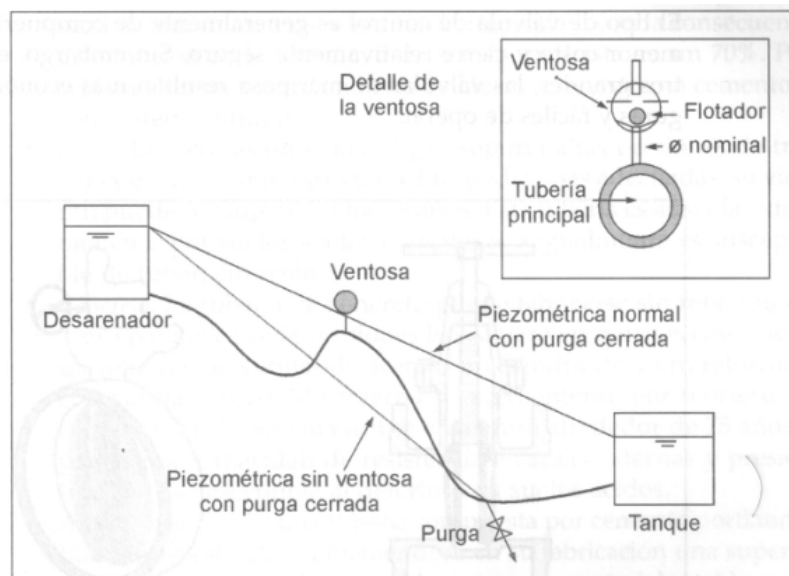


Figura 17. Ubicación de la ventosa y detalle de la válvula

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

Como criterio general para válvulas de ventosa de acción simple (expulsión de aire), el diámetro de la ventosa es de 1/12 del diámetro de la tubería principal o de 1/8 del diámetro para ventosas de doble acción (expulsión y admisión de aire). El diámetro mínimo de la ventosa para tuberías de 4 pulgadas o menos es de 2 pulgadas, y para tuberías superiores a 4 pulgadas el diámetro mínimo es de 3 pulgadas.

La válvula de ventosa debe tener una válvula de corte antes, con el fin de poder aislarla de la tubería cuando requiera; además, se debe establecer un paso lateral o bypass con la válvula de corte.

4.1.6.2.3 *Válvulas de control o de corte*

Aparte de los elementos vistos anteriormente, se deben instalar válvulas de control como mínimo al comienzo y al final de la conducción, en un diámetro igual al de la tubería.

El tipo de válvula de control es generalmente de compuerta, por su menor costo y cierre relativamente seguro. Sin embargo, en diámetros grandes, las válvulas de mariposa resultan más económicas, seguras y fáciles de operar.

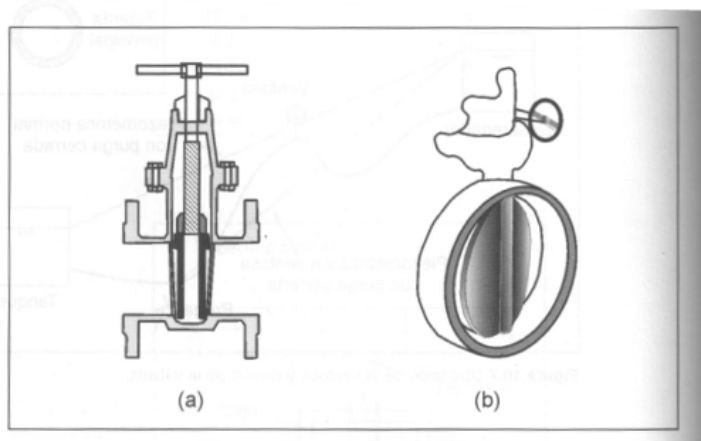


Figura 18. Válvula de corte a) Válvula de compuerta. b) Válvula de mariposa

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.6.2.4 Materiales de las tuberías forzadas

Las tuberías utilizadas para el transporte de agua a presión se construyen en diferentes materiales. Para elegir la más adecuada hay que considerar factores como la capacidad de carga, su vida útil, las características del agua y su efecto sobre la tubería, las características del suelo, características hidráulicas como la presión a la que se someterá la tubería y la rugosidad relativa.

Los materiales más comunes de las tuberías a presión son:

Hierro. Esta tubería puede fabricarse en hierro fundido (HF) o hierro dúctil (HD). Es un material muy maleable y puede tener una vida útil superior a los cien años. Es susceptible a la tuberculización, es decir, a la aparición de incrustaciones de óxido que reducen la sección hidráulica e incrementa la rugosidad, con la consecuente disminución de la capacidad de transporte hasta de un 70%. Por esto en algunos casos la tubería de hierro se reviste con concreto o con material bituminoso.

Acero. El acero es un material que soporta altas presiones de trabajo y es relativamente liviano. En condiciones adecuadas, su vida útil puede ser superior a los 50 años. Esta tubería es atacada externamente por suelos ácidos o alcalinos e igualmente es susceptible a la tuberculización.

Concreto. La tubería de concreto puede fabricarse sin refuerzo de acero para el caso de presiones bajas, pero en muchos casos lleva un refuerzo de varilla de acero o un cilindro de acero reforzado con varilla y revestido interna y externamente por mortero de cemento. Su vida útil se encuentra alrededor de 75 años y posee gran capacidad de resistencia a cargas externas y presión interna. Es susceptible al deterioro en suelos ácidos.

Asbesto-cemento. Es una tubería compuesta por cemento portland y fibra de asbesto, obteniéndose en su fabricación una superficie interna muy lisa. Estructuralmente es un material estable, aunque frágil y se deteriora en presencia de suelos ácidos. Su utilización ha disminuido debido al hecho de que la fibra de asbesto es un material cancerígeno cuando es inhalado y a que dicha fibra en el agua puede ser causante de cáncer intestinal.

Plástico. Son fabricaciones en materiales sólidos o en fibras reforzadas, como por el ejemplo el polivinilo de cloruro (PVC), el poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP) o el polipropileno de alta densidad (PE). Son tuberías livianas, de fácil manejo, resistentes a la corrosión, de muy baja rugosidad relativa, de buena acomodación al terreno y gran resistencia a cargas externas.

Todas las tuberías se construyen para resistir diferentes presiones de trabajo, y aun dentro del mismo material hay distintas especificaciones de presión. En otras palabras, existen varias clases de tuberías, de acuerdo con sus especificaciones de construcción.

4.1.7 Estación de Tratamiento de Agua Potable

Se denomina estación de tratamiento de agua potable (frecuentemente abreviado como **ETAP**) al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Las plantas de tratamiento de las aguas naturales tienen como propósito el eliminar los microorganismos, sustancias químicas, caracteres físicos, y radiológicos que sean nocivos para la salud humana.

Una vez que el agua bruta o cruda ha sido conducida a la planta, comienza el tratamiento adecuado para su potabilización. El esquema que se presenta corresponde a un tratamiento completo.

PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

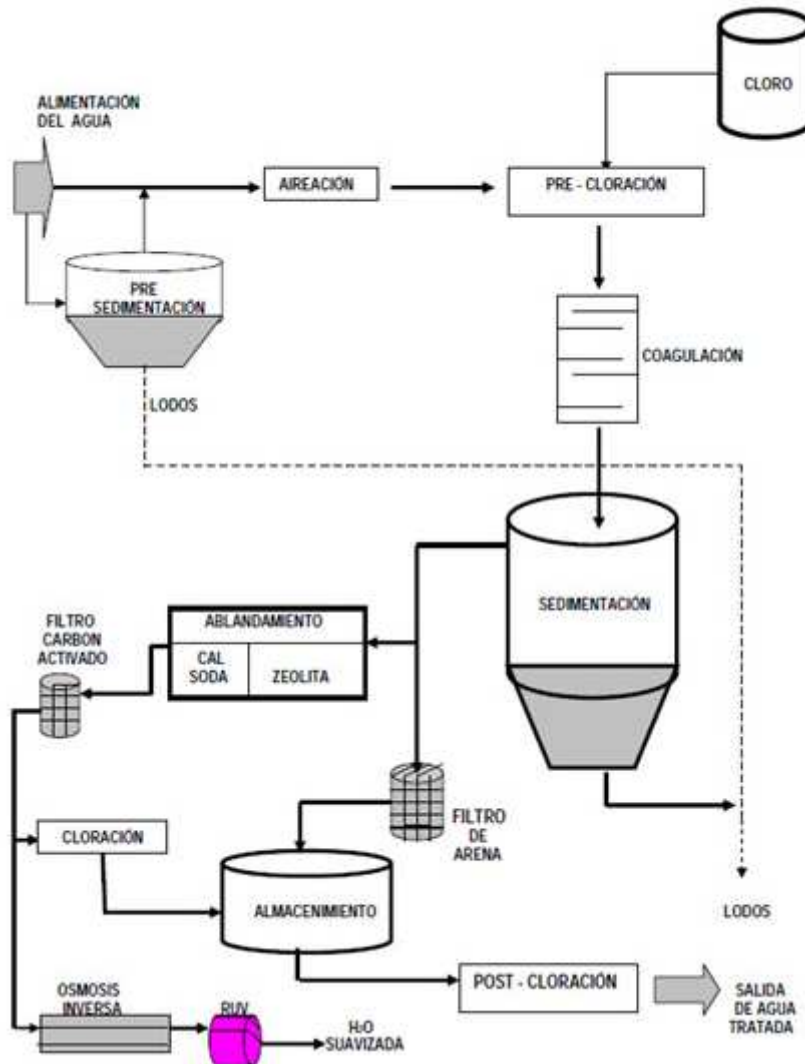


Figura 19. Estructura de una planta de tratamientos

Fuente: <http://www.emagister.com/curso-agua-purificacion-tratamiento-aguas-naturales-residuales-1-2/tratamientos-potabilizacion>

4.1.8 Tanque regulador

Debido a que el consumo de agua de la población no es constante sino que, por el contrario, varía según la hora del día, y dado que el suministro es un caudal teóricamente constante.

La función básica del tanque es almacenar agua en los períodos en los cuáles la demanda es menor que el suministro, de tal manera que en los períodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente.

4.1.8.1 Tanque de distribución

Se tendrá un tanque de distribución cuando el agua llegue a éste, antes de llegar a la población.

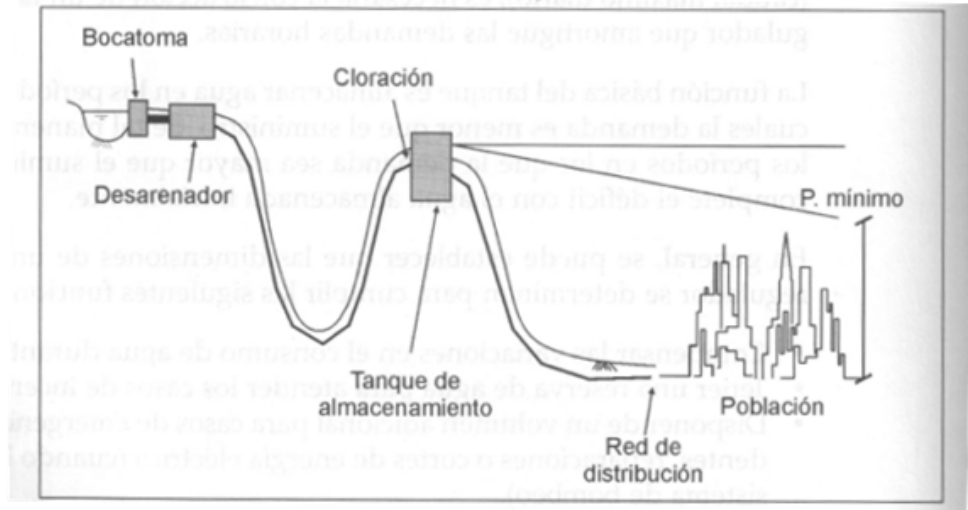


Figura 20. Tanque de distribución superficial

Fuente: Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

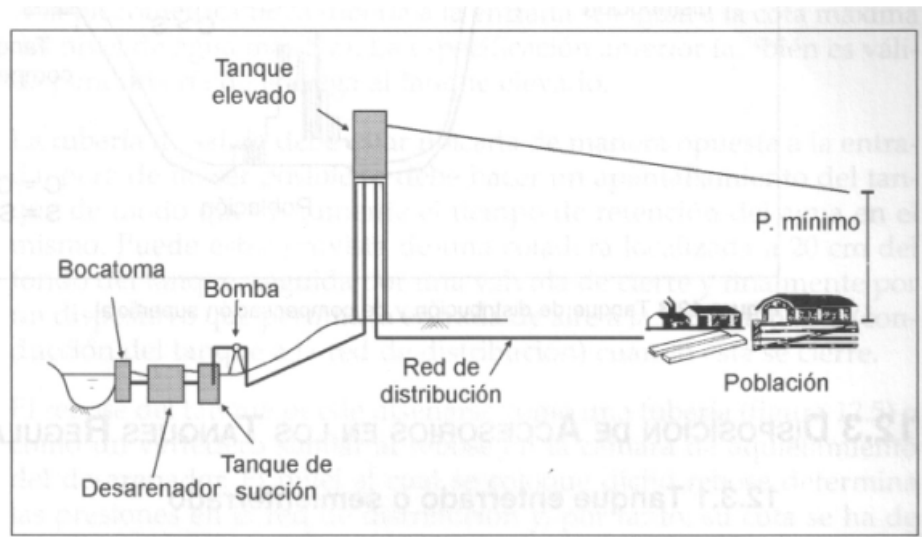


Figura 21. Tanque de distribución elevado

Fuente: Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

4.1.8.2 Tanque de compensación

Este tipo de tanques se sitúa en el extremo opuesto de la entrada de agua a la red de distribución.

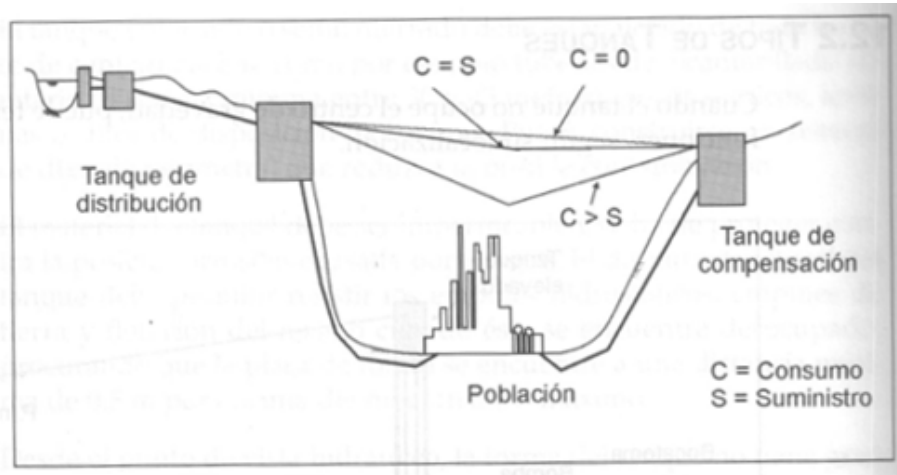


Figura 22. Tanque de distribución y compensación superficial

Fuente: LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

Como se observa en dicha figura 22, cuando el consumo es nulo la totalidad del agua llega al tanque de compensación a través de la red de distribución. Cuando el consumo es mayor que el suministro, se suministra a la población tanto por la línea directa como por el tanque de compensación.

4.1.9 Red de Distribución

El sistema de un acueducto está constituido por diversos subsistemas (bocatoma, bombeos, plantas de purificación, tanques de almacenamiento, aducciones y conducciones), el último de los cuáles es la "red de distribución". Esta se define como el conjunto de tuberías cuya función es suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad en condiciones de cantidad y calidad aceptables.

La red de distribución puede estar conformada por los siguientes tipos de tuberías, según su función y diámetro:

- Red principal o matriz

Es el conjunto de tuberías con diámetro nominal mayor o igual a 12" (300 mm). Es la red encargada de distribuir el agua en las diferentes zonas de la

población y sobre ella se deben garantizar los caudales y presiones, según la norma exigida. No debe realizarse ninguna conexión domiciliaria a partir de la red matriz.

- Red secundaria

Es el conjunto de tuberías con diámetros menores a 12" (300 mm) hasta los mayores o iguales a 4" (100 mm). Se abastece de las tuberías principales y alimenta las redes terciarias o menores. No deben realizar ninguna conexión domiciliaria, salvo el caso de grandes consumidores con conexiones superiores a 3" (75 mm).

- Red terciaria o menores

La red terciaria es alimentada por la red secundaria y es la encargada de realizar las conexiones domiciliarias. Sus diámetros son menores o iguales a 3" (75 mm) y el diámetro mínimo depende del uso del agua (comercial, industrial o institucional), pero nunca deberá ser menor de 1 ½".

- Conexión domiciliaria

Es la conexión que de la red menor se hace a cada predio. Su diámetro se encuentra entre 1/2" (12,5 mm) hasta 3" (75 mm), dependiendo del diámetro del tipo de usuario.

Generalmente, en poblaciones pequeñas menores de 60.000 habitantes no hay diámetros superiores 12" (no hay red matriz), por lo que la red secundaria hará las veces de red principal.

4.1.9.1 Accesorios

Los accesorios de una red de distribución incluyen las uniones, codos, reducciones, válvulas, anclajes, entre otros. A continuación se hace una breve descripción del tipo de válvulas que se deben utilizar en las redes.

4.1.9.1.1 Válvulas de corte

Se deben colocar válvulas de corte (compuerta o mariposa) a lo largo de la red, con el fin de poder aislar sectores en caso de rotura de las tuberías o de incendio, y seguir suministrando el agua al resto de la población.

En general para la distribución de válvulas de corte es colocar el menor número de válvulas, de tal manera que al ser operadas afecten el menor número posible de usuarios.

La colocación de de las válvulas depende del tipo red (matriz, secundaria o terciaria)

En redes matrices, las válvulas de corte deben colocarse mínimo cada 1.500 m y en todo cambio de diámetro sobre la tubería de diámetro menor.

4.1.9.1.2 Válvulas de purga

Se deben colocar válvulas de purga en todos los puntos bajos de la red, descargando al sistema de alcantarillado. En tuberías principales, el diámetro de la purga se determina de acuerdo con el tiempo de vaciado de la tubería especificado por la empresa prestadora del servicio.

4.1.9.1.3 Válvulas de ventosa

Las válvulas de ventosa deben instalarse en todos los puntos altos de la red para permitir la remoción de aire. Puede ser de acción simple o de doble acción.

4.1.9.1.4 Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión son válvulas de control que permiten regular la presión aguas debajo de la misma, introduciendo una pérdida controlada e independiente del caudal que pase a través de ella. Se utiliza en los casos en que, de no contarse con ella, se causaría una presión excesiva aguas abajo.

4.1.9.1.5 Válvulas reguladoras de caudal

Este tipo de válvula limita el caudal a través de ella a un valor máximo. Debe ser una válvula tipo mariposa. Además de regular el caudal, al limitar el caudal máximo se previene que la presión aguas arriba caiga por debajo de un valor crítico, por lo cual puede emplearse como válvula reguladora de presión aguas arriba.

4.1.9.1.6 Válvulas de paso directo

Permite el paso de agua en un sólo sentido y se coloca en las tuberías aguas debajo de una bomba.

4.1.9.1.7 Válvulas de alivio

Son válvulas que se abren cuando se supera una presión predeterminada, disminuyendo así la presión y descargando el agua al sistema de alcantarillado o drenaje natural. Son útiles para reducir presión por golpes de ariete o por una inadecuada operación del sistema.

4.1.10 Corrosión

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente

identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los enlaces metálicos tienden a convertirse en enlaces iónicos, lo favorece que el material pueda en cierto momento transferir y recibir electrones, creando zonas catódicas y zonas anódicas en su estructura. La velocidad a que un material se corroe es lenta y continua todo dependiendo del ambiente donde se encuentre, a medida que pasa el tiempo se va creando una capa fina de material en la superficie, que van formándose inicialmente como manchas hasta que llegan a aparecer imperfecciones en la superficie del metal.

Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesaria la oportuna utilización de la técnica de protección catódica.

El mecanismo de la corrosión puede ilustrarse a través de un material metálico inmerso en una solución de HCl (ácido clorhídrico). En el caso del zinc, los átomos metálicos Zn ceden electrones convirtiéndose en cationes (Zn^{++}) mientras que los iones H^+ aceptan estos electrones formando moléculas de H_2 (figura 23). Las reacciones involucradas son la disolución del zinc para formar $ZnCl_2$ y la producción de gas H_2 .

Reacción anódica: $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

Reacción catódica: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

Reacción neta: $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

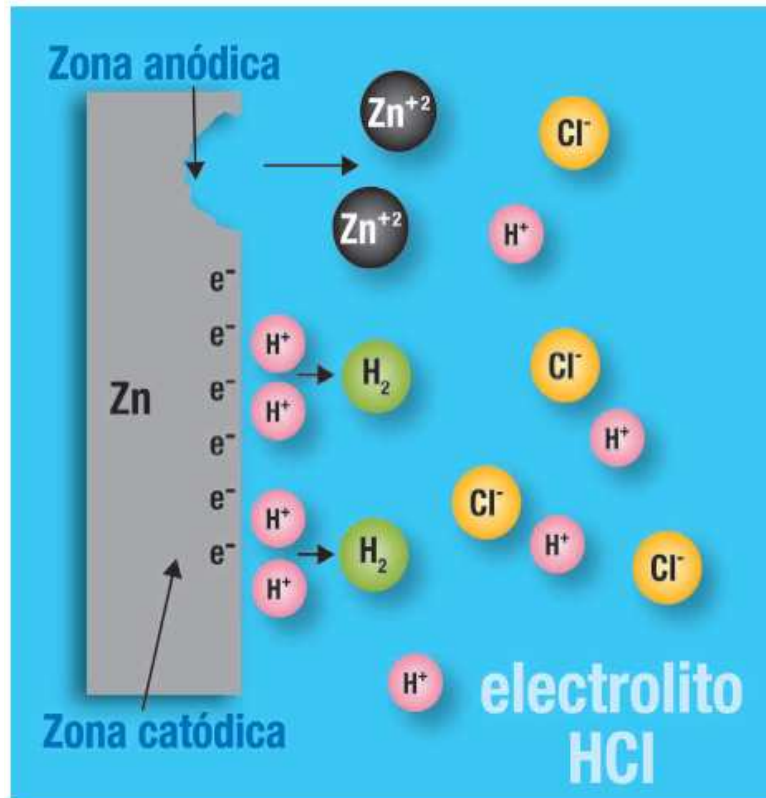


Figura 23. Esquema de corrosión de un metal de Zn que se oxida a Zn^{+2} mientras que sus electrones reaccionan con el H^+ del medio produciendo H_2

Fuente: Corrosión. María Teresa Cortes M. / Pablo Ortiz H.

Todos los metales presentan una tendencia a perder electrones, oxidarse, cuantificada a través de su potencial de oxidación. Entre más alto sea este potencial se dice que el metal es más noble, se oxida con mayor dificultad. La tabulación de la resistencia de los materiales metálicos a la corrosión se conoce como serie galvánica. Las series galvánicas son particulares al medio corrosivo, por ejemplo, hay series galvánicas en solución salina, en solución ácida, etc., y son de gran utilidad a la hora de seleccionar un material para una aplicación específica.

Se designa químicamente corrosión por suelos, a los procesos de degradación que son observados en estructuras enterradas. La intensidad dependerá de varios factores tales como el contenido de humedad, composición química, pH del suelo, etc. En la práctica suele utilizarse comúnmente el valor de la resistividad eléctrica del suelo como índice de su agresividad; por ejemplo un terreno muy agresivo, caracterizado por presencia de iones tales como cloruros, tendrá resistividades bajas, por la alta facilidad de transportación iónica.

La protección catódica es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una estructura metálica, ya sea que se encuentre enterrada o sumergida. Para este fin será necesaria la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente.

El mecanismo, consecuentemente implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función.

A esta protección se debe agregar la ofrecida por los revestimientos, como por ejemplo las pinturas, casi la totalidad de los revestimientos utilizados en instalaciones enterradas, aéreas o sumergidas, son pinturas industriales de origen orgánico, pues el diseño mediante ánodo galvánico requiere del cálculo de algunos parámetros, que son importantes para proteger estos materiales, como son: la corriente eléctrica de protección necesaria, la resistividad eléctrica del medio electrolito, la densidad de corriente, el número de ánodos y la resistencia eléctrica que finalmente ejercen influencia en los resultados.

4.1.10.1 Tipos de Corrosión

Se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído, dentro de las más comunes están:

1. Corrosión uniforme: Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal.
2. Corrosión galvánica: Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con más activo será el ánodo.
3. Corrosión por picaduras: Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.
4. Corrosión intergranular: Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina pérdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos.
5. Corrosión por esfuerzo: Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frío.



Figura 24. Algunos de los tipos de corrosión más comunes por influencia del medio, las estructuras y composiciones del metal

Fuente: Corrosión. María Teresa Cortes M. / Pablo Ortiz H.

4.1.10.2 Protección contra la corrosión

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:

- Uso de materiales de gran pureza.
- Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidables.
- Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- Recubrimiento superficial: pinturas, capas de óxidos, recubrimientos metálicos.
- Protección catódica.

4.1.10.3 Importancia del agua en el proceso de corrosión

Los componentes del agua que inciden en la rapidez con que se corroen los metales en los sistemas de captación son hierro, calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, oxígeno disuelto, alcalinidad, pH, intensidad de amortiguación, cloro libre, cloramina, sólidos en suspensión y conductividad.

Las aguas con las siguientes características tenderán a ser más corrosivas:

1. Aguas muy suaves.
2. Aguas muy duras, son la causa principal de las incrustaciones ($>180\text{mg/l CaCO}_3$)
3. Aguas muy bajas en pH y alcalinidad. La adición de calcio, alcalinidad, y productos químicos para ajustar el pH en aguas tratadas ha resultado eficaz para corregir la corrosividad de las aguas bajas en dureza y alcalinidad.
4. Aguas altas en cloruros o sulfatos, o en ambos ($>150\text{ mg/l}$).
5. Aguas con elevado contenido en Fe ($>0.3\text{ mg/L}$) y Manganese ($>0.5\text{ mg/L}$)
6. Aguas que contengan cantidades apreciables de oxígeno disuelto.
7. Aguas con un bajo pH (< 6.0) y una conductividad alta ($>500\text{ m S/cm}$)
8. La presencia de cloro libre por encima de 1 mg/l y de cloramina arriba de 2 mg/l .
9. La presencia de sólidos suspendidos. Estos sólidos tienden a incrementar las tendencias a la corrosión por cavitación de un agua, y también proveen suciedad, un depósito de suciedad puede conducir a la corrosión por celdas de concentración.

4.1.11 Durabilidad de las estructuras de concreto

El concreto ha probado a través de los siglos ser un material durable. Existen aún estructuras construidas por los romanos, tales como edificios, cimentaciones, estructuras hidráulicas, que han soportado por casi 2000 años la agresión del medio. Hay innumerables estructuras que no han sobrevivido; muchas de ellas probablemente sufrieron degradación, perdieron sus condiciones de servicio y fueron abandonadas y destruidas con el tiempo.

En el mundo moderno, nadie pretende que las estructuras sean "eternas". La dinámica del crecimiento las renovará o reemplazará probablemente en el lapso de 100 años, lo que si se pretende es que las estructuras sean durables, es decir que mantengan las características de servicio y resistencia, para las que fueron diseñadas, por lo menos por el lapso de su vida útil prevista.

Para lograr este propósito, es indispensable que las estructuras, además de ser diseñadas por resistencia, se diseñen por durabilidad.

En muchos casos el deterioro se evita tomando medidas preventivas, que requieren para ser adecuadas, del conocimiento de los agentes agresivos y de la interacción de los factores que afecta la durabilidad. El deterioro, la

generalidad de las veces “consecuencia de una elección imperfecta, al casar al concreto elegido, para ser usado en un medio determinado, con las características de ese medio”. Una de las ventajas del concreto es la posibilidad de poder obtener propiedades determinadas con la selección apropiada de cemento, agregado y aditivos y sus proporciones. La performance del concreto estará influenciada además, por el diseño y las prácticas constructivas. Ver figura 25.

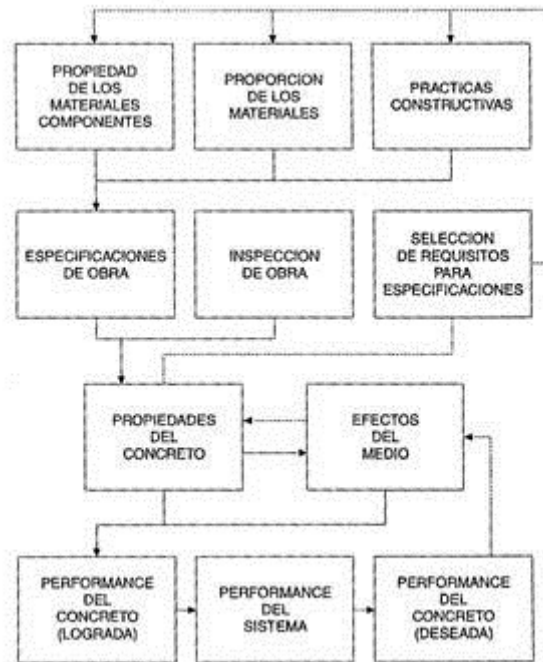


Figura 25. Medias para obtener buenas propiedades en el concreto

Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/03/patologia-de-las-cimentaciones/>

La durabilidad de una estructura puede ser comprometida por varios factores reconocidos de degradación del concreto que van desde los superficiales por desgaste, hasta los químicos que afectan la masa misma del concreto y que se pueden agrupar en: (Ver Tabla 3).

- a) Agentes físico-mecánico como la abrasión – sea ésta por sólidos o líquidos el impacto, la vibración, y los ciclos de congelamiento y deshielo.
- b) Agresión química, tal es el caso de la corrosión del concreto por ataque de ácidos, de sulfatos y otros elementos o compuestos presentes en el medio.

- c) Agresión electro-química, que ocurre en estructuras de concreto armado cuando por la presencia de sales, especialmente cloruros, se genera una celda galvánica con flujo de electrones a través del electrolito, concreto contaminado con cloruros o húmedos, y corrosión del acero, con la consecuente expansión de los óxidos, producto de la corrosión, que finalmente destruyen el concreto por las tracciones internas generadas.
- d) Fisuramiento térmico que ocurre en la superficie de elementos estructurales masivos, cuando se produce una gradiente térmica muy pronunciada entre la superficie y la masa interior del concreto.

En la tabla 3 se muestra una relación de los mecanismos de deterioro del concreto.

Factores que pueden producir deterioro prematuro	Características del concreto	Características del medio	Manifestaciones del deterioro
Helada y deshielo	Ausencia de aire incorporado en la pasta de cemento o agregad. Poroso o ámbar en concreto	Humedad, heladas y deshielo	Expansión interna
Ataque químico agresivo			
a. Sulfatos	Excesiva cantidad de aluminatos de calcio hidratados en la pasta de cemento	Humedad con concentración excesiva de contenidos de sulf. Disueltos solubles.	Expansión int. Y rajaduras Disolución y pérdida de componentes
b. B. (Leaching)	Porosidad excesiva	Humedad de pH bajo y contenido bajo de cal disuelta	
Abrasión	Baja resistencia a la abrasión	Abrasivo muchas veces en cero bajo el agua	Desgaste de superficie con pérdida de materia

Corrosión del refuerzo	Metal corrosivo y frecuente presencia en el concreto de agentes que inducen a la corrosión	Humedad cero, humedad y agentes que inducen a la corrosión	Expansión interna y rajaduras
Reacción alkali – Sílice	Cantidad excesiva de sílice soluble en agregados y álcalis den el cemento	Humedad cero. Humedad y álcalis	Expansión
Otras			
a. Cemento	Cantidad exc. De CaO o MgO no hidratados en el cemento	Humedad	Expansión interna y rajaduras
b. Fisuración Plástica	Falta de contenido de humedad sostenido en el período de curado especificado.	Índice alto de evaporación de la humedad	Fisuración en edad temprana

Tabla 3. Mecanismos de deterioro

Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/03/patologia-de-las-cimentaciones/>

4.1.11.1 Efectos de la humedad en estructuras de concreto.

Las sustancias más dañinas a la estructura de concreto que están enterradas en el suelo y en contacto con aguas subterráneas, y que dan origen a la corrosión del concreto, son los sulfatos y los ácidos. A estos agentes se les suma los cloruros, por su acción destructiva cuando penetran al interior de elementos de concreto armado. Los cloruros, si bien no son dañinos al concreto, su penetración en éste origina.

Es importante notar que la actividad nociva de los sulfatos y de los ácidos sólo ocurre en presencia de humedad. Por lo general sólo las sustancias químicas que están en solución son agresivas al concreto y su grado de agresividad dependerá de su concentración en la solución.

El nivel de concentración tolerable de sulfatos es sustancialmente mayor en suelos relativamente seco y bien drenado que cuando los sulfatos están presentes en el agua subterránea, es la concentración de sulfatos en el agua la que decide si es necesario tomar medidas de prevención.

Las aguas subterráneas generalmente aguas de origen natural; su agresividad estará en función al contenido de químicos que recoja en su pasos el subsuelo.

Debe tenerse encuentra también la ocurrencia de agua de desecho industrial; éstas por lo general tienen concentraciones muy altas de ácidos y son difíciles de manejar. En la cercanía a plantas industriales que procesan o producen sustancias químicas, se encuentra con frecuencia suelos altamente contaminados son sustancias que pueden ser destructivas del concreto.

La vulnerabilidad del concreto será mayor cuando las soluciones agresivas se encuentran bajo presión y son forzadas a penetrar en las porosidades y fisuras del concreto.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

Para interpretar y aplicar el presente documento deben tenerse en cuenta las siguientes definiciones:

Accesorios Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc.

Acometida Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acueducto Véase sistema de abastecimiento de agua.

Aducción Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Agua cruda Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Agua potable Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

Almacenamiento Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Altura dinámica total Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

Anclaje Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.

Capacidad hidráulica Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Captación Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

Caudal de diseño Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Conducción Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Conductividad hidráulica Caudal que pasa por un área unitaria bajo un gradiente unitario y que mide la capacidad de un acuífero para transportar agua.

Conducto Estructura hidráulica destinada al transporte de agua.

Cuenca hidrográfica Superficie geográfica que drena hacia un punto determinado.

Estación de bombeo Componente destinado a aumentar la presión del agua con el objeto de transportarla a estructuras más elevadas.

Flujo a presión Aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica.

Flujo libre Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.

Fuente de abastecimiento de agua Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Fugas Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

Golpe de ariete Fenómeno hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, bien por el cierre rápido de una válvula o apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobre elevación de la presión, subpresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.

Medición Sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un conducto.

Optimización Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

Pérdidas menores Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.

Pérdidas por fricción Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto.

Planta de potabilización Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.

Red de distribución Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Red matriz Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red primaria mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

Sedimentación Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

Tanque de compensación Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado.

Tipo de usuario Diferentes clases de usuarios que pueden existir a saber: residenciales, industriales, comerciales, institucionales y otros.

Tubería de impulsión Tubería de salida de un equipo de bombeo.

Tubería de succión Tubería de entrada a un equipo de bombeo.

Tubería Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Vida útil Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo sólo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

Corrosión Destrucción paulatina de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma.

Concreto Mezcla compuesta de piedras menudas y mortero de cemento y arena.

Sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno.

Cloruros compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal -1. Por lo tanto corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento.

5. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos etapas. En la primera etapa se denominó “Fase de Campo”, el equipo de trabajo realizó visitas e inspecciones para poder conocer el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable (Infraestructura hidráulica y mecánica). En esta etapa, se recopiló la información de la estructura de soporte, de las válvulas, accesorios, tubería visible (no enterradas), tanque de almacenamiento, torre de aireación.

La segunda etapa se denominó “fase de oficina” que contempló, en primer lugar la organización de la información recolectada en la fase de campo. Posteriormente el trabajo se centralizó en el informe de diagnóstico técnico, el cuál resume la información recolectada y de levantamiento de accesorios, válvulas, tanque de almacenamiento, columnas estructurales, entre otros. Terminado el informe de diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable; se entregó una serie de recomendaciones con los mejoramientos más viables: técnicamente y económicamente, a la empresa prestadora del servicio, que aseguraran el adecuado funcionamiento y la vida útil de la planta.

6. RESULTADOS

En desarrollo de las actividades realizadas del proyecto y con base en las visitas de campo y oficina, se hicieron consultas al personal del operador de acueducto Aguas y Aseo de la Cordialidad S.A.S. E.S.P. personas vinculadas directamente con la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio

Con el propósito de recopilar y procesar toda la información técnica necesarias para evaluar los componentes de la planta, para de esta manera obtener un conocimiento pleno, real y objetivo de la situación actual de operatividad de esta misma, para así poder tener bases para determinar las mejores propuestas de mejoramiento de los distintos componentes que hacen parte de la infraestructura existente.

6.1 INFORMACIÓN RECOPIADA EN LA FASE DE CAMPO SOBRE GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CLEMENCIA

Como resultado de las visitas se recopiló la siguiente información correspondiente al Municipio de Clemencia, Bolívar, donde se encuentra la planta de tratamiento de agua, objeto de estudio. Esta información es importante para hacer un análisis socioeconómico del entorno donde se encuentra operando la planta.

Los aspectos generales relevantes investigados en el Municipio de Clemencia se relacionan, entre otros, con: localización y extensión territorial, historia y geografía, topografía y suelos, climatología, hidrografía, demografía, aspectos urbanísticos y división político-administrativa, las cuales se detallan a continuación.

6.1.1 Localización y Extensión Territorial

El municipio de Clemencia está ubicado a la altura del kilómetro 30 de la carretera de la cordialidad en la zona norte del departamento de Bolívar; en la subregión litoral del tramo que une a las ciudades de Cartagena y Barranquilla. Limita geográficamente por el norte con el corregimiento de Arroyo Grande, jurisdicción del Distrito de Cartagena de Indias. Al sur con los municipios de Santa Rosa de Lima y Villanueva; al oriente con el municipio de Santa Catalina y al occidente con el corregimiento de Bayunca, Distrito de Cartagena de Indias.

El municipio de Clemencia se encuentra localizado dentro de las coordenadas geográficas 10°35'21" de latitud norte y 75°20'03" de longitud oeste, al norte

del Departamento de Bolívar y al noreste de la cabecera municipal del Municipio de Santa Catalina. Se encuentra ubicado entre la carretera de la Cordialidad y la carretera al mar. Representa el 16.39% de la superficie total del territorio del Departamento de Bolívar¹.

A continuación se muestran imágenes de la localización específica del municipio de Clemencia, Bolívar.



Figura 26. Localización del Departamento de Bolívar

Fuente: Google Earth



Figura 27. Localización del municipio de Clemencia, Bolívar

Fuente: Google Earth

¹<http://clemencia-bolivar.gov.co/index.shtml>

6.1.2 Historia²

Inicialmente la región se encontraba habitada por los Caribes, hasta la llegada de los españoles, los cuales causaron varios efectos en la región: un mestizaje inicial, una desbandada de los indígenas hacia los cerros cercanos, una exterminación casi total de los primeros habitantes que no se plegaban a sus imposiciones.

Sólo a partir de 1708 siendo rey de España Fernando VII se conceden cédulas reales a algunos de sus súbditos, principalmente sacerdotes, entre ellos, el cura Juan Domínguez, quienes con la condición de impartir la fe cristiana y el idioma español a los esclavos que en la época existían, fuesen indígenas o negros traídos de África para trabajar en las mixtas mineras o navieras; se les dieron parcelas, aproximadamente de 600 hectáreas, cada una en donde se debía establecer la Escuela Doctrinera y convirtiéndose en Encomiendas.

En el año de 1808 siendo rey de España Fernando VII existían una serie de parcelas de 8 caballerías de 600 hectáreas cada una, años más tarde Camilo Domínguez vendió estas tierras al señor Bernardo Grau, quien llega de España con su hija María Clemencia.

Cuenta la historia que el señor Grau construyó en su hacienda una casa la cual llamo "Casa Grande", lo que dio origen con el tiempo el Barrio de la Casa Grande. En 1810, época de la independencia de la República, iniciando el 20 de Julio, el Señor Bernardo Grau fue desterrado por los patriotas. Para 1815 llegó a la zona el general Pablo Morillo con un ejército compuesto por 10.000 hombres en busca de la reconquista de las tierras perdidas, este ejército tuvo el total apoyo del señor Bernardo Grau, el cual proporcionó todas las provisiones para su alimentación, hecho que rebeldizó más a los patriotas. Luego de estos hechos, siguió la toma de Cartagena por parte del General Morillo y su ejército la cual duró 4 meses, tiempo en el cual aisló a la ciudad de las comunidades y el suministro de alimentos hasta que éste se rindió.

Para cuando terminó la lucha entre españoles y patriotas, el Gobierno Español cayó por completo en toda la República, el señor Bernardo Grau ante el asedio de los patriotas tuvo que abandonar sus tierras, dejando en éstas a su hija María Clemencia.

A partir de este momento el lugar comenzó a llamarse Clemencia, al pasar el tiempo se generalizó el nombre y quedó establecido como "El Terreno de Clemencia".

² <http://clemencia-bolivar.gov.co/index.shtml>

Con el pasar de los años al crecer la población se llamó definitivamente la población de Clemencia, hoy cuenta con 14 barrios.

Clemencia era corregimiento del Municipio de Santa Catalina, pero a partir del año de 1939 se venía gestando la independencia del corregimiento. El Municipio se crea por Ordenanza No. 17 del 11 de Agosto de 1995.

6.1.3 División Político-Administrativa

El Municipio de Clemencia posee bajo su jurisdicción 3 corregimientos: Las Caras, El Peñique, El Socorro, y 7 veredas: El Cerro, Los Camarones, El Coco, Franco, Arquimeparo, Jagua, Califa.

6.1.4 Topografía

El Municipio de Clemencia se encuentra en la zona topográfica del Bajo Magdalena que se extiende desde el Departamento de Santander hasta la Costa Atlántica, caracterizada por presentar terrenos planos con elevaciones inferiores a los 100 metros y alargados.

6.1.5 Geología y Suelos

De acuerdo con los últimos estudios de suelos realizados en el Departamento de Bolívar, desde el punto de vista geomorfológico se determinaron cuatro paisajes: montaña, lomerío, piedemonte y planicie, con sus diferentes tipos de relieves de acuerdo con la estructura geológica y topográfica; a la región del Municipio de Clemencia corresponden suelos del paisaje de lomerío en clima cálido seco que cubre la mayor parte de las zonas central y norte del departamento. Tiene un relieve que varía de moderadamente ondulado a escarpado, el cual está afectado por erosión laminar.

El material geológico está compuesto por rocas sedimentarias, en menor proporción se encuentran volcánicas félsicas y sedimentos aluviales en los vallecitos entre las lomas.

En cuanto al relieve se identifican los siguientes tipos de relieve: cresta homoclinal y lomas, lomas y crestones, espinazos y lomas, lomas y vallecitos; algunos se asociaron por no existir diferencias en los suelos.

De acuerdo con las propiedades de los suelos y a las condiciones del clima que presenta esta región, se establecen áreas para diferentes actividades, como agricultura y ganadería con su correspondiente nivel de tecnificación.

6.1.6 Climatología

Los datos climatológicos de clemencia, fueron tomados de los promedios de los últimos 18 años de las estaciones climatológicas de Bayunca y el Aeropuerto.

Estos datos son confiables debido a la cercanía del municipio de Clemencia a estas estaciones.

MEDIOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS	SEP	OCTU	NOVIEM	DICIEM
PREC	4,40	0,90	1,50	21,90	88,50	97,80	88,60	110,50	24,70	198,30	121,30	34,80
No. DIAS	1,00	0,00	1,00	3,00	10,00	12,00	10,00	13,00	13,00	16,00	10,00	3,00
T.MAX ABS.	40,00	38,00	38,00	38,00	40,00	38,00	39,00	38,00	38,00	39,00	40,00	39,00
T.MIN ABS.	19,00	19,00	19,00	19,50	19,00	19,00	20,00	18,00	18,50	19,00	19,00	18,50
TM.MAX MED	31,00	31,00	31,10	31,50	31,70	31,90	32,00	31,90	31,70	31,20	31,40	31,40
TEMP.	26,80	26,80	27,10	27,70	28,30	28,40	28,30	28,20	28,20	27,80	27,80	27,30
TM MIN MED	22,70	23,00	23,60	24,50	24,90	25,00	24,70	24,80	24,70	24,40	24,40	23,40
BRILLO	278,20	239,30	244,50	209,60	197,20	187,20	216,60	204,10	177,60	175,00	200,70	247,20
EVAPO	172,20	173,70	196,70	187,00	162,60	146,80	166,60	155,90	146,70	141,10	134,50	154,20
NUBOSI	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	4,00

Tabla 4. Datos climatológicos de Clemencia, Bolívar

Fuente: Estaciones meteorológicas Bayunca y Aeropuerto

En general Clemencia posee un régimen climático de seco a húmedo y con piso térmico cálido con temperaturas entre los 26 °C a 30°C. El período de lluvias predominante comprende los meses de mayo a noviembre, siendo mayor de agosto a noviembre, con niveles de precipitación que oscilan entre los 1.000 y 2.000 mm anuales. La evaporación máxima se da en el mes de marzo y la evaporación mensual promedio es de 161.50 mm.

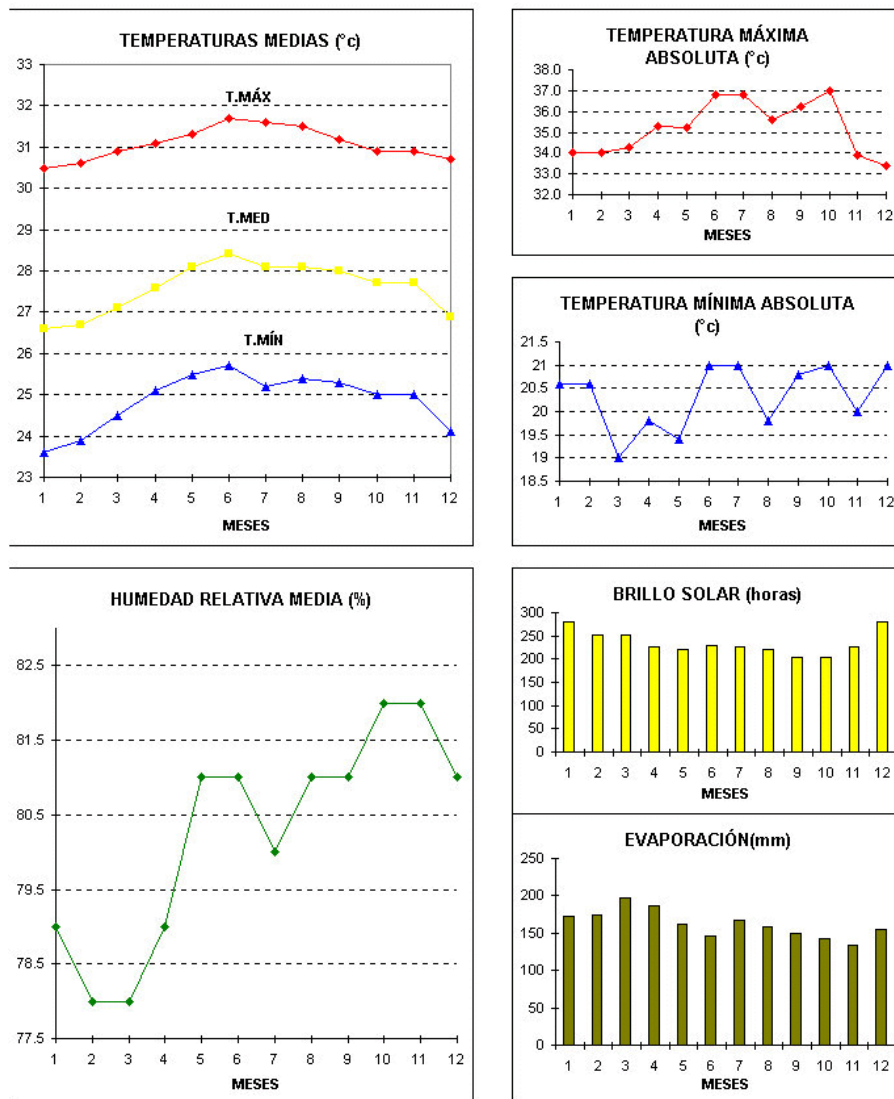
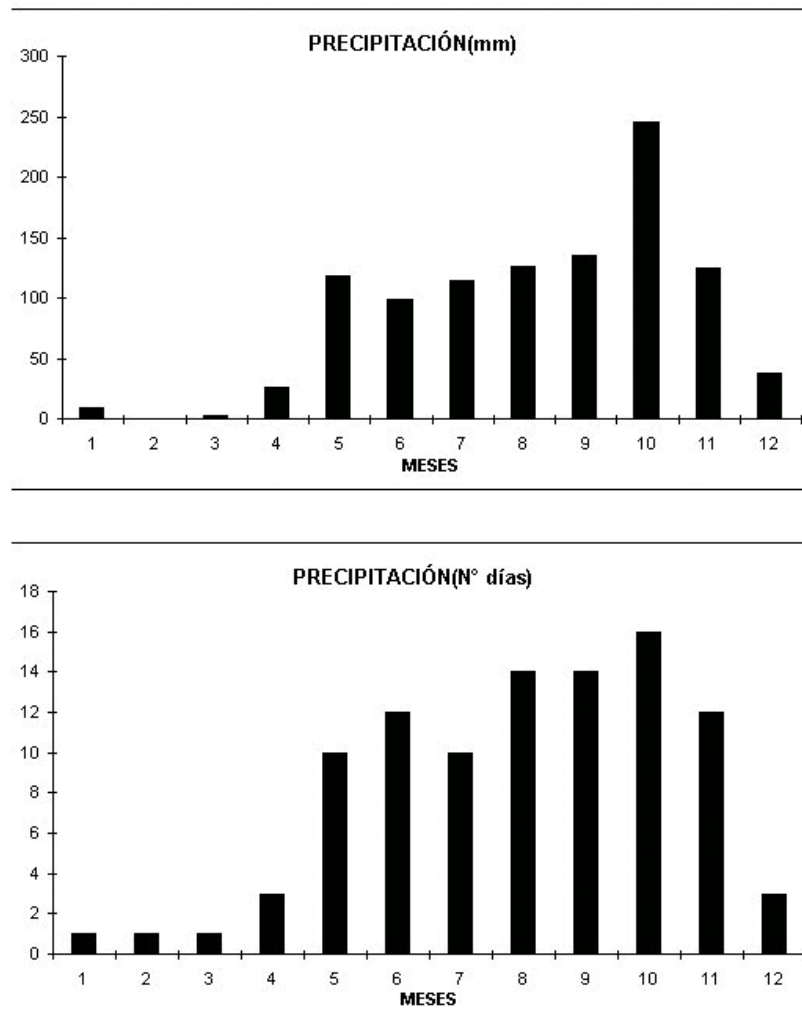


Figura 28. Gráficas de distintas variables climatológicas en Clemencia (Promedio últimos 18 años)

Fuente: IDEAM. Estaciones meteorológicas Bayunca y Aeropuerto.



**Figura 29. Gráficas de Precipitación en Clemencia
(Promedio últimos 18 años)**

Fuente: IDEAM. Estaciones meteorológicas Bayunca y Aeropuerto.

6.1.7 Hidrografía

Carece de cursos de agua importantes, siendo sus principales fuentes hidrográficas, los pozos profundos que hicieron para el Acueducto de Clemencia y Santa Catalina de Alejandría. Además de estos pozos, se construyó un pozo profundo de agua apta para el consumo, llamado "Pozo de Caracolí", que abastece la región todo el año. También existen pequeños arroyos que aparecen en épocas de invierno, ellos son: Chiquito, Saíno, Arena, Vernal, Palenque, Hondura, El Jagua. Otros arroyos menores son San Luis, Hormiguero, Caño de Venado.

6.1.8 Demografía

El Municipio de Clemencia, en el último censo realizado por el DANE en el año 2005, presentó una población de 11.714 habitantes, de los cuales 8.820 pertenecen a la cabecera municipal. Este municipio es relativamente nuevo, por lo tanto no posee registros históricos de población de censos anteriores.

6.1.9 Aspectos Urbanísticos

Al observar la configuración urbanística que presenta el Municipio de Clemencia, se puede anotar que ha existido planificación en el desarrollo y crecimiento medio de la cabecera municipal.

En el Municipio de Clemencia existen condiciones de hacinamiento en las viviendas de estrato bajos, en donde 2 y 3 familias habitan por viviendas que cuentan con dos habitaciones y en mal estado. Todavía se puede encontrar viviendas construidas en barro y bahareque.

Gran parte de las calles del Municipio de Clemencia no se encuentran pavimentadas, pero poseen servicio de alumbrado público.

El Municipio de Clemencia tiene tendido aéreo de la red de energía eléctrica, de teléfonos y de televisión por cable.

6.1.9.1 Infraestructura Social y Comunitaria

Seguidamente se relacionan los aspectos sociales y comunitarios del Municipio de Clemencia.

6.1.9.1.1 Educación

El nivel de educación del municipio es bajo: sólo el 39.5% de la población tiene un nivel de básica primaria, el 27.3% de básica secundaria y el 18.1% de los habitantes no ha realizado ningún tipo de estudios. En relación a estudios profesionales, el 0.7% de la población ha alcanzado este nivel y 0.3% ha realizado alguna especialización, maestría o doctorado.

6.1.9.1.2 Salud

Se cuenta con un Centro de Salud y una Policlínica. El personal médico está formado por cinco (5) promotoras, tres (3) odontólogos, cuatro (4) auxiliares de enfermería, un (1) técnico de odontología y un (1) chofer de ambulancia; existen seis (6) médicos pero no están en forma permanente.

Este servicio aunque se realizan actividades para mejorarlo, todavía es muy deficiente para el número de habitantes que tiene el municipio.

6.1.9.1.3 Vivienda

El Municipio de Clemencia está formado por 2.565 viviendas, de las cuales 1.987 pertenecen a la cabecera municipal. Según el último censo del DANE, el

tipo de vivienda dentro de la cabecera municipal es casa con un porcentaje de 96.6% del total de viviendas en esta zona, en un menor porcentaje le sigue el alojamiento tipo cuarto con el 3.1% y el apartamento u otros con 0.3%.

6.1.9.1.4 Recreación y Cultura

El Municipio tiene como objetivo el fortalecimiento de la cultura, recreación y deporte, para lo cual planea rescatar las diversas expresiones culturales del mismo y que este conserve su identidad. Se Plantean los siguientes objetivos:

- Incentivar a la población para la práctica de los deportes y aprovechamiento del tiempo libre.
- Reactivar la Casa de la Cultura.
- Brindar el apoyo suficiente a personas del Municipio con vocación o aptitudes artísticas.
- Capacitar a los gestores culturales y deportivos.
- Crear escenarios deportivos y culturales para el mejoramiento de la calidad y bienestar social de la población.
- Financiar festivales dentro del municipio.

6.1.9.1.5 Seguridad Ciudadana

El Municipio cuenta con una Inspección de Policía.

6.1.9.1.6 Indicadores de Pobreza

La metodología de NBI busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres (DANE).

El porcentaje de hogares de Clemencia con *Necesidades Básicas Insatisfechas* se encuentra entre 65.1 y 78.6%.

6.1.9.1.7 Organizaciones Comunitarias

En el Municipio encontramos las siguientes organizaciones comunitarias:

- Comité de Participación Comunitaria (COPACO)
- Junta Comunal a nivel cabecera municipal.
- Existen dos organizaciones campesinas y una organización de las madres comunitarias.
- En Agosto de 1995 se creó la UMATA (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria. UMATA), la cual cuenta con un Director, un Ingeniero Agrónomo, un Técnico Agropecuario y una Secretaria.

6.1.9.1.8 Aspecto Político

El Municipio de Clemencia tiene como Alcalde al Dr. Jorge Luis Batista Herrera.

6.1.9.2 Infraestructura de Servicios Públicos

6.1.9.2.1 Acueducto

El servicio es prestado por la empresa AGUAS Y ASEO DE LA CORDIALIDAD S.A.S. E.S.P. La captación del Sistema de Acueducto es por medio de tres pozos profundos, de los cuales se encuentra uno fuera de servicio, luego el agua pasa a una planta de tratamiento tipo convencional y de ahí a dos tanques de almacenamiento, de los cuales se dispone uno de 400 m³ para abastecer a Clemencia. Actualmente presenta una cobertura del 60.49% de usuarios (viviendas).

6.1.9.2.2 Alcantarillado

En la actualidad, el Municipio de Clemencia está poniendo en marcha un sistema integral de recolección, manejo y disposición de las aguas servidas en donde las obras se encuentra a punto de ser terminadas. Tradicionalmente el Municipio ha manejado soluciones de forma individual con letrinas, pozas sépticas y en su mayoría utilizan el campo abierto para eliminar excretas y aguas servidas, generando así un problema de saneamiento ambiental crítico.

6.1.9.2.3 Aseo

El servicio es prestado por la empresa AGUAS Y ASEO DE LA CORDIALIDAD S.A.S. E.S.P. La cual ha mejorado el problema de las basuras en el municipio realizando tres recolecciones semanales, barriendo las calles periódicamente y eliminando basureros satélites. El servicio antiguamente era prestado directamente por la Administración Municipal, la cual no lo facturaba y tampoco tenía definidas rutas de recolección

6.1.9.2.4 Energía Eléctrica

Este servicio es prestado por la empresa ELECTRICARIBE S.A. De acuerdo al último censo realizado en el año 2005, se obtuvo una cobertura del 99%; sin embargo, el servicio es deficiente, ya que constantemente se realizan suspensiones, ocasionando así molestias en la comunidad, en especial a los propietarios de negocios, que ven afectada su economía y ponen en riesgo sus aparatos eléctricos y electrónicos por la inestabilidad del voltaje.

6.1.9.2.5 Telecomunicaciones

El servicio de teléfono, tanto público como privado, es prestado por la Empresa COLOMBIA TELECOMUNICACIONES. Del total de viviendas se encontró que solo 81 de ellas cuentan con línea telefónica, lo cual representa el 5% de la

población (DANE, 2005). Esta carencia del servicio de telefonía se debe a los altos costos de las acometidas residenciales.

6.1.9.2.6 Gas Natural

La entidad encargada de la prestación del servicio de gas natural es SURTIGAS, con una cobertura aproximada del 44% en la cabecera municipal, de acuerdo a los resultados del censo general DANE en el año 2005.

6.1.9.2.7 Vías y Transporte

La principal vía de acceso al Municipio es la carretera de la Cordialidad, que une la cabecera municipal con la Ciudad de Cartagena.

La malla vial que conecta a la cabecera municipal con los corregimientos de las Caras, el Peñique y las veredas Aquí me Paro, se encuentran en regular estado, al igual que el carretable que une la cabecera municipal con el corregimiento de Arroyo Grande, jurisdicción de Cartagena.

6.2 RESULTADO DEL RECORRIDO DE CAMPO: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Se realizó el recorrido técnico de campo en el cual se visitó cada uno de los componentes del acueducto desde la fuente de abastecimiento, pasando por la captación, aducción y finalmente la planta de tratamiento con el tanque de almacenamiento. Este procedimiento es de gran importancia pues para poder analizar las causas del regular estado de la planta se deben conocer los procesos que involucran su operación.

6.2.1 ESTADO ACTUAL DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La fuente de abastecimiento de los Municipios de Clemencia está integrada por tres pozos, de los cuales solo están funcionando dos, ubicados en la finca llamada “Los Venados”, en jurisdicción del Distrito de Cartagena, la cual se encuentra a 5.85 kilómetros de la cabecera municipal de Clemencia en la actualidad estos pozos arrojan un caudal de 22 L/s y 20 L/s³.

³Información suministrada por la Empresa operadora del Servicio (ACUACOR S.A.S E.S.P)

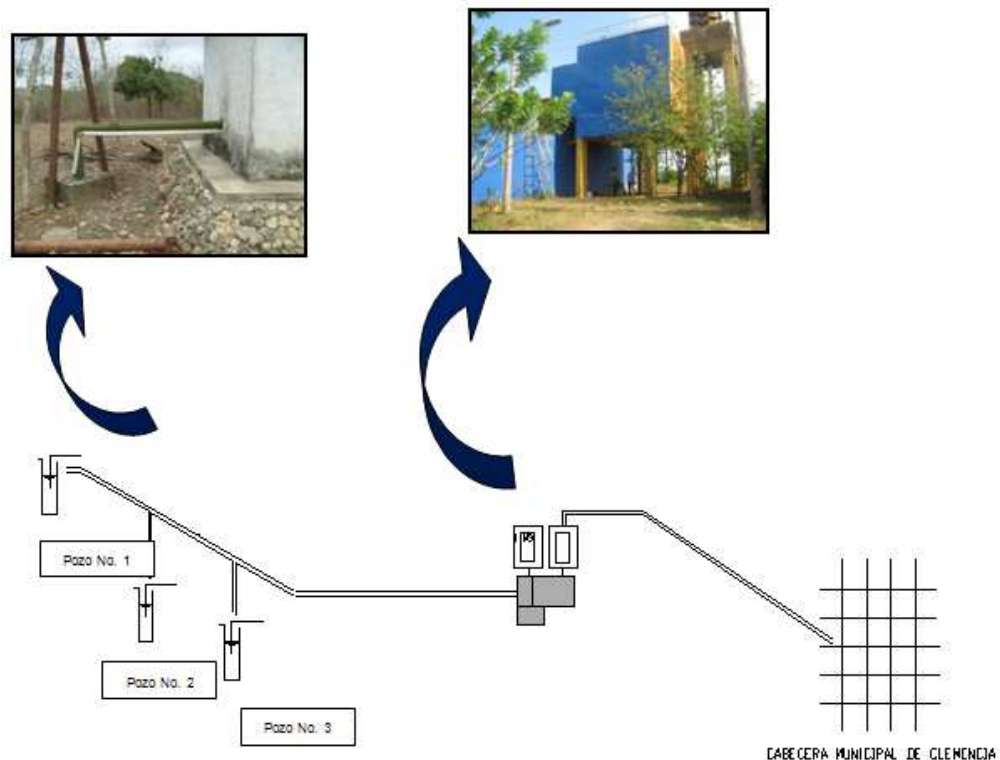


Figura 30. Esquema del Sistema de Acueducto Municipio Clemencia

Fuente: Autor

6.2.2 ESTADO DE CAPTACIÓN

El Sistema de Acueducto Regional de Clemencia cuenta con tres pozos ubicados en la finca “Los Venados” ubicada en el sector de Arroyo Grande en jurisdicción del Distrito de Cartagena, cada pozo se encuentra dotado con casetas construidas en material de bloques de cemento y rejas en hierro, piso en concreto y con techo en asbesto-cemento, con áreas aproximadas de 4 metros cuadrados. Estas casetas se encuentran en buen estado reconstruidas recientemente. Las cuales albergan los tableros eléctricos de las bombas correspondientes,

En la actualidad del Pozo No. 1 se encuentra fuera de servicio, sin bomba (ya que se fue al fondo del pozo).



Foto 5. Pozo No.1 fuera de servicio

Fuente: Autor

El Pozo No. 2 tiene una profundidad de 92 metros, revestido en tubería PVC de 12 pulgadas de diámetro, según datos suministrado por el operador; consta con una a bomba sumergible tipo lapicero de 50 HP ubicada a una profundidad de 60 metros, de capacidad instalada de 22 litros por segundo. En la parte superior del pozo se encuentra construido una tapa en concreto que sella y protege la boca del pozo, por donde sale una tubería de impulsión en acero al carbono de 4 pulgadas de diámetro, que se conecta a una tubería de 4 pulgadas del mismo material y una salida de drenaje 4 pulgadas de diámetro para controlar los niveles de hierro del agua para su conducción. Este sistema es controlado por tres válvulas: una de cierre rápido, válvula de bola posicionada sobre la línea de conducción, una válvula de compuerta para el purgue del sistema y una válvula de cheque sobre la línea de impulsión desde el fondo del pozo. La tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 100 metros hasta la tubería de conducción de 10" en PVC.



Foto 6. Pozo No. 2 En servicio.

Fuente: Autor



Foto 7. Línea de impulsión del Agua

Fuente: Autor

La válvula compuerta de purga del sistema se encuentra con una vida útil cumplida la cual amerita un cambio ya que presenta fugas sobre la compuerta debido a agrietamientos y desgastes.



Foto 8. Válvula para control del Drenaje.

Fuente: Autor



Foto 9. Compuerta de la Válvula en mal estado

Fuente: Autor



Foto 10. Purga del sistema, control del Hierro sobre el Agua.

Fuente: Autor

El Pozo No. 3 tiene una profundidad de 95 metros, revestido en tubería PVC de 12" de diámetro, donde se encuentra instalada una bomba sumergible tipo lapicero de 50 HP ubicada a una profundidad de 60 metros, de capacidad instalada de 20 litros por segundo. En la parte superior del pozo se encuentra construido una tapa en concreto que sella y protege la boca del pozo, por donde sale una tubería de impulsión en acero al carbono de 4 pulgadas de diámetro, que se conecta a una tubería de 4 pulgadas del mismo materia. Este sistema es controlado por tres válvulas: una válvula de cheque sobre la línea de impulsión desde el fondo del pozo, una válvula de mariposa para el control y una de cierre rápido, válvula de bola posicionada sobre la line de conducción del flujo. La tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 800 metros hasta la tubería de conducción de 10" en PVC.



Foto 11. Tubería de impulsión Pozo No. 3

Fuente: Autor

El pozo No 2 opera durante dos días (48 horas), alternando un día (24 horas), con el pozo No 3 según datos suministrado por el operador.

Es necesario realizar un análisis hidráulico a las bombas del pozo No. 2 y pozo No. 3 para verificar si las capacidades instaladas son las más adecuadas para el funcionamiento del sistema esto a partir de la información recopilada.

6.2.3 ESTADO DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA (ADUCCIÓN)

La conducción del agua desde los campos de pozos a la planta de tratamiento se lleva a cabo a través de una tubería en PVC de 10 pulgadas de diámetro, con una longitud de 5,85 km. Esta línea cuenta con nueve (9) válvulas ventosas, once (11) codos de 90°, cuarenta y uno (41) codos de 45°, y no posee válvulas de purga⁴. Se desconoce la ubicación real de estas válvulas ya que esta tubería se encuentra enterrada y no existe un plano desde su construcción que indique donde se encuentran a ciencia cierta.

⁴ Información suministrada por la empresa operaria ACUACOR S.A.S E.S.P

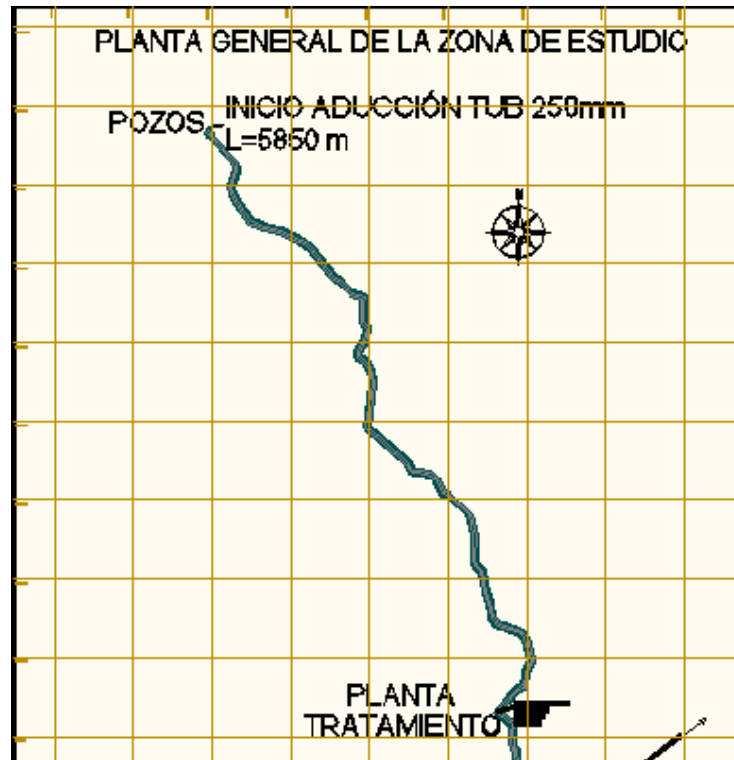


Figura 31. Vista general de la red de aducción

Fuente: ACUACOR S.A.S E.S.P



Foto 12. Línea de Aducción

Fuente: Autor

En algunos tramos la tubería se encuentra descubierta y no tiene protección contra las acciones o impactos que lo rodean.



Foto 13. Tubería de Aducción que atraviesa arroyo.

Fuente: Autor



Foto 14. Tubería al descubierto sobre la carreta en peligro.

Fuente: Autor

Uno de los tramos de la tubería se encuentra atravesando un arroyo cuando es invierno este se crece y rompe la tubería causando paradas en el sistema no deseadas.



Foto 15. Obras de anclaje de tubería para el invierno.

Fuente: Autor



Foto 16. Obra de anclaje de tubería

Fuente: Autor

Se han realizado obras de mitigación del efecto del invierno, obras de anclaje de la tubería sobre el arroyo usando sacos de arena y realizando un anclaje con concreto sobre la tubería enterrada. Según los operarios estas obras sólo solucionan el problema por unos días del invierno pero debido a que todos los años los inviernos son más fuertes el arroyo siempre se lleva la tubería.

6.2.4 ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento es una planta de tipo convencional en la cual se realizan los procesos de aireación, filtración, desinfección y almacenamiento. Esta se encuentra ubicada en predios del Municipio de Clemencia.



Foto 17. Planta de Tratamiento de agua Potable

Fuente: Autor

La planta de tratamiento de agua potable, está compuesta por una torre de aireación en forma helicoidal en fibra de vidrio con una altura de 3.0 metros y 2.0 metros de diámetro efectivo, ubicado sobre un depósito de almacenamiento en concreto con coque, que retiene el hierro precipitado por la aireación, dado que el agua proveniente de los pozos contiene alto porcentaje de hierro. La torre es alimentada por una tubería de PVC de 10", proveniente de los pozos, la cual hasta la parte más alta de la torre de aireación donde descarga el agua para realizar el inicio del proceso de potabilización.



Foto 18. Torre de aireación.

Fuente: Autor

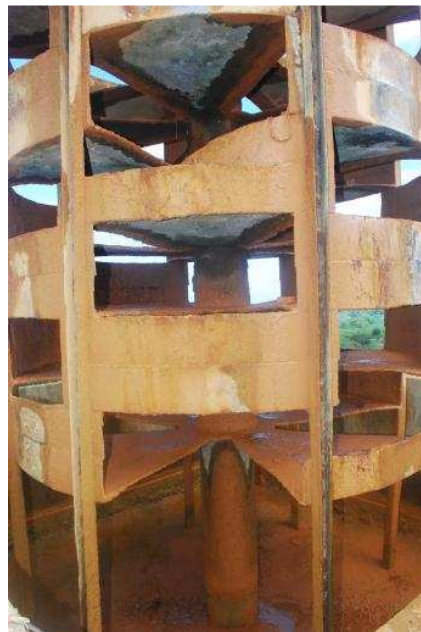


Foto 19. Tubería de aducción Torre de aireación

Fuente: Autor

Del depósito de almacenamiento para hierro, las aguas son vertida por medios de seis (6) tubos de rebose de 2" a un canal en concreto que lo distribuye a cuatro filtros.



Foto 20. Descarga del agua aireada a canal de filtros

Fuente: Autor

Los filtros son en concreto reforzado de lecho mixto (antracita, arena y grava), de filtración rápida descendente, con dimensiones de 1.25 x 2.50 m, y muros aproximado de 30 cm, que poseen un falso fondo tipo vigueta en "V" invertida de $\frac{1}{2}$ " separadas cada 15 cm, con un sistema de retrolavado; además cuenta con un depósito de agua filtrada que rebosa a un canal de concreto adyacente que distribuya las aguas a los tanques de almacenamiento.



Foto 21. Tanque de Filtros actuales

Fuente: Autor

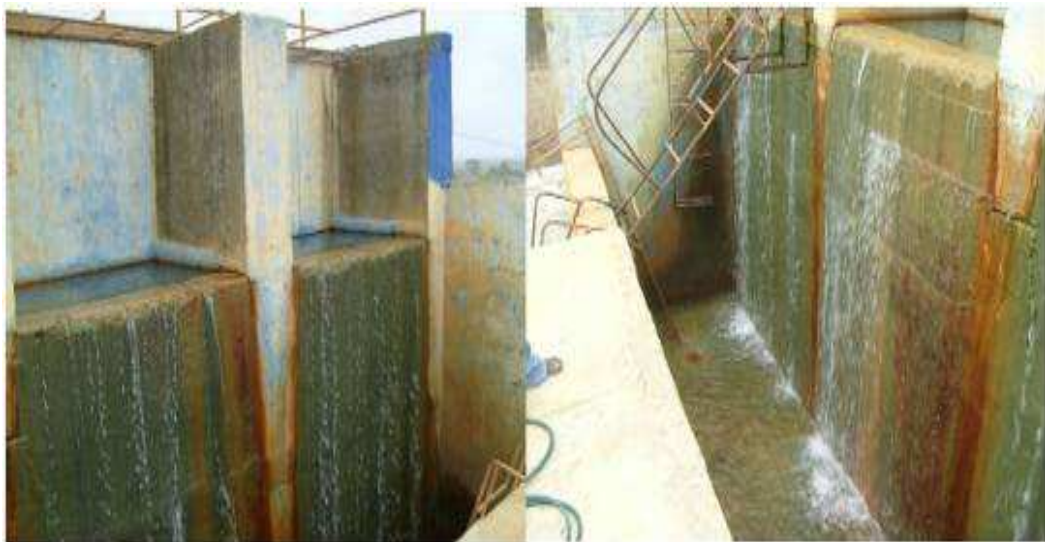


Foto 22. Estructuras de rebose de agua filtrada hacia canal de alimentación de tanques de almacenamiento

Fuente: Autor

Todo este proceso desde la torre de aireación hasta la entrega de los tanques de almacenamiento se hace por gravedad.

La operación de la planta es de 24 horas según datos suministrado por el operador de la planta.

La planta de tratamiento solo cuenta con cuatro (4) válvulas de compuerta con rueda de manejo de 4" para drenaje de los filtros, las cuales se encuentran en mal estado. Ver foto 23.



Foto 23. Válvulas de control de drenaje.

Fuente: Autor

6.2.5 Tanques del almacenamiento actual

Existen en la actualidad dos (2) tanques de almacenamiento superficiales de agua tratada, en concreto reforzados, que se encuentran ubicados, en los predios de la planta de tratamiento.

El tanque No 1 de volumen 400 m³ distribuye agua tratada a la cabecera municipal de Clemencia. Tiene una salida en la parte inferior del tanque en tubería de AC en 8" que conecta a la tubería de conducción del Municipio de Clemencia con una válvula de control a la salida del tanque, además tiene una tubería de rebose en PVC de diámetro 3" con una válvula de compuerta y una salida en la parte inferior en tubería de AC de 3" para limpieza del tanque.

El tanque No 2 de volumen 300 m³ distribuye agua a la cabecera municipal de Santa Catalina, tiene en la parte inferior una salida en tubería AC de 6"

de diámetro que conecta a la tubería de conducción del Municipio de Santa Catalina, con una válvula de control, además tiene una salida en tubería de AC de 3" para limpieza del tanque y una tubería de rebose en 2" de diámetro en PVC.



Foto 24. Tuberías de salida de tanques y tuberías de drenaje.

Fuente: Autor

En el tanque de almacenamiento se hace el tratamiento con hipoclorito de sodio de manera artesanal, el cual consta de una manguera con un gotero al final con el cual se dosifica la cantidad necesaria para purificar el agua.

Existe un dosificador de cloro basado en la reacción química a partir de la sal común que se encuentra en mal estado y cual está fuera de servicio.

6.2.6 CONDUCCION DE AGUA TRATADA

La conducción de las aguas tratadas desde la planta hasta el Municipio de Clemencia se hace a través de una tubería de PVC de 8 pulgadas de diámetro por gravedad, con una longitud de 960 metros hasta la entrada del Municipio, donde se reduce a 6 pulgadas de diámetro.

6.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El principal problema de la planta es el agua cruda que a esta llega proveniente de los pozos profundos. Debido a que esta agua contiene alto contenido de

hierro y otros minerales en pequeñas porciones acelera el deterioramiento de los componentes estructurales e hidráulicos de la planta a base de hierro

Uno de los problemas más comunes cuando se capta agua son las incrustaciones internas en las tuberías, válvulas, accesorios y filtros⁵. Estas incrustaciones pueden ser duras o frágiles, actuando muchas veces a modo de cemento. A veces se trata de lodos o rellenos pastosos o gelatinosos por ejemplo óxidos de hierro muy común en la Planta de tratamiento de agua.

A partir de esto, en nuestros análisis e inspecciones de los diferentes sistemas de la planta y su estructura física observando los siguientes problemas:

- Al realizar el retrolavado en los filtros de la planta, proceso de limpieza, se extraen unos lodos que son transportados a lo largo de todo el sistema. Estos lodos son producidos debido a que el agua lleva cantidades notables de hierro el cual puede precipitar por oxidación al tomar contacto con el aire o variar la velocidad del agua. Se precipita óxido de hierro hidratado (frecuentemente férrico, aunque a veces también puede ser ferroso formando un fango negro) o más fácilmente hidróxido férrico (marrón rojizo) o ferroso (incolore), más o menos pastosos o gelatinosos y en ocasiones muy voluminosos.⁶
- Ver Foto 25.



Foto 25. Lodos extraídos de los filtros

Fuente: Autor

⁵ Lane, Russell W. Control de Incrustaciones y Corrosión en Instalaciones Hidráulicas de Edificios. ED. MC GRAW-HILL MÉXICO, D.F 1995

⁶http://www.miliarium.com/proyectos/estudioshidrogeologicos/anejos/corrosion_incrustaciones/Incrustaciones.htm

- Las tuberías existente de 4" utilizadas para el retrolavado de los filtros del agua y en operación inversa como desagüe, a pesar de que se encuentran con protección superficial contra la corrosión, pinturas epóxicas y anticorrosivas (poliamidas), se pudo comprobar puntos de corrosión de la tubería que han disminuido el espesor de pared exterior de las tubería. Al igual internamente en las tuberías debido al alto contenido de hierro del agua existen incrustaciones de este mismo sobre las paredes de las tubería obstruyéndola con el pasar de los años disminuyendo su sección produciendo un aumento en pérdidas del sistema disminuyendo los caudales.



Foto 26. Tubería de 4" para retrolavado y desagüe

Fuente: Autor

- Tubería de 10" conductora del agua filtrada hacia los tanques de almacenamiento están en mal estado por acción de la corrosión.



Foto 27. Tubería de transporte de agua filtrada

Fuente: Autor

- Las válvulas de control, entrada del agua proveniente de los pozos y drenaje, están sumergidas en lodos lo cual afecta sus cuerpos y acelera su deterioramiento físico. Además incrustaciones internas las cuales afectan su hermeticidad afectando así los asientos ya desgastados por el uso de las válvulas, también así tienen filtraciones debido a empaquetaduras dañadas. Cabe aclarar que a estas válvulas en quince años nunca se les ha hecho mantenimiento.



Foto 28. Válvulas de control de entrada y salida de agua

Fuente: Autor

- Las válvulas de control que regulan la cantidad de líquido que entran a los filtros se encuentra con fugas debido al daño de su empaquetadura interna al igual que al desgaste de algunas piezas por la corrosión.



Foto 29. Válvulas de control para el proceso de retrolavado

Fuente: Autor



Foto 30. Válvula con fugas debido a problemas con los sellos

Fuente: Autor

- La tubería de PVC de drenaje de los tanques de filtración del agua se encuentra en mal estado ya que esta posee filtraciones que se ven evidentes sobre la estructura de la planta, el tiempo y la falta de mantenimiento han hecho que esta tubería se encuentre en condiciones no adecuadas.



Foto 31. Tubería de drenaje con filtraciones en el pasa muro

Fuente: Autor

- La válvula de desagüe final que descarga el agua de limpieza de los filtro hacia una laguna, se encuentra sumergida bajo agua y esto es un problema debido a que todas las válvulas de la planta son de acero lo cual no es conveniente debido a que sería inminente aparte de todos los daños anteriores por el tiempo de uso.



**Foto 32. Válvula de drenaje de 10” bajo agua si necesidad
Fuente. Autor**



Foto 33. Laguna de disposición final de aguas de drenaje

Fuente: Autor

- La torre de aireación es de fibra de vidrio presenta daños en su parte estructural como se evidencia en el registro fotográfico, al agua oxigenarse el hierro se oxida depositándose sobre las bandejas creando una capas de incrustaciones muy duras que vuelven la estructura pesada. Debido a esto las bandejas se fatigan y se rompen perdiendo así capacidad de aireación la el sistema. Además los tornillos que sujetan la estructura son de acero galvanizado los cual no son los indicados debido a lo agresivo del ambiente. Estos tornillos se desgastan y rompen desprendiéndose las columnas en C de fibra de vidrio debilitando así la estructura.



Foto 34. Torre de aireación. Barreras de retención de agua destruidas

Fuente: Autor

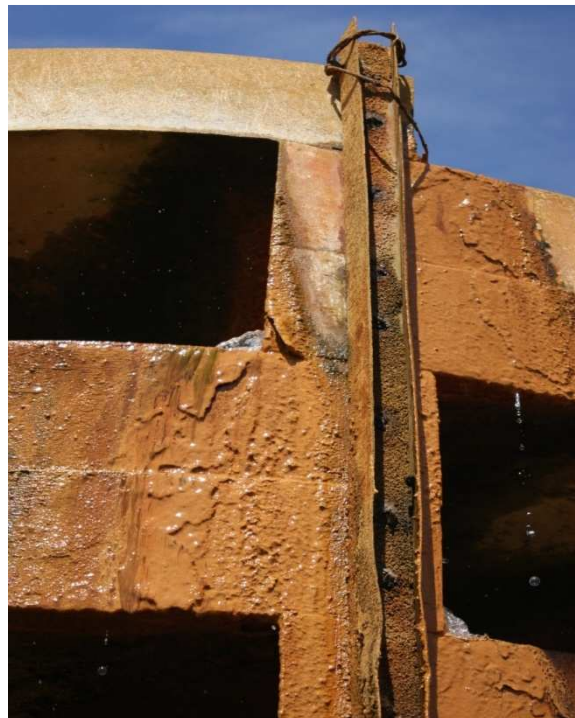


Foto 35. Perfiles en C de soporte, Torre de Aireación con tornillos galvanizados

Fuente: Autor

- Las losas del tanque de decantación se encuentran desgastadas por acción de la oxidación afectando la estructura, originando riesgo al personal que opera la planta los cuales corren con el peligro de deslizamiento.



Foto 36. Losa de los tanques destruidas

Fuente: Autor

- Las barandas de seguridad que brindan apoyo al transitar sobre los tanques se encuentra en regular estado, en los nodos de unión la soldadura se encuentra desgastada. Esto proporciona un peligro de falla inminente poniendo en riesgo la vida del personal que hay labora.



Foto 37. Nodo de uniones soldadas de barandas de seguridad

Fuente: Autor

- Los peldaños de la escalera de acceso a los tanques se encuentran desgastados por la corrosión lo cual presenta un riesgo de lesión al personal que opera la planta.



Foto 38. Escalera de acceso a tanques

Fuente: Autor

- Las tapas de los tanques de almacenamiento se encuentran en mal estado y abiertas al aire libre, ayudando así a la contaminación del agua por parte de hojas, animales, objetos extraños, entre otros.



Foto 39. Tapa de entrada a tanques de almacenamiento

Fuente: Autor

- Las escaleras de acceso a los tanques de almacenamiento no existen prácticamente, se encuentran en un estado deplorable.



Foto 40. Escalera de acceso a tanques de almacenamiento

Foto: Autor

- Algunas tuberías de aireación de los tanques de almacenamiento se encuentran partidas ayudando así a la contaminación del agua ya previamente filtrada y potabilizada.



Foto 41. Tubería de aireación tanque de almacenamiento rotas

Fuente: Autor

- Las válvulas de 10" de compuerta que suministran el agua potable a la población están deterioradas, le cuesta trabajo al personal operativo de la planta abrirlas debido a la falta de mantenimiento.



Foto 42. Válvula de descarga de agua tratada la red de distribución

Fuente: Autor

- La tubería de P.V.C. para el desagüe de los tanques de almacenamiento se encuentra rotas lo cual no permite que el agua de limpieza de los tanques obtenga su disposición final por tanto esta agua es derramada sobre el suelo contribuyendo a la contaminación de este ya que estas aguas tiene componentes químicos nocivos tales como los detergentes y los ácidos sulfúricos.



Foto 43. Tubería de drenaje rota

Fuente: Autor

- ✓ La válvula de 10" del bypass que permite entregar del agua tratada en caso de daños o paradas imprevistas de las otras válvulas de descarga, se encuentra en mal estado, con su funcionalidad nula ya que se encuentra atacada, hasta la fecha no se ha necesitado pero no es excusa para la falta de mantenimiento.



Foto 44. Válvula de bypass averiada

Fuente: Autor

- Uno de los problemas más importantes de la planta de tratamiento es su estado estructural físico, las columnas que soportan la integridad física de este lugar se encuentran un estado peligrosamente deplorable. La erosión, el clima, la corrosión de los elementos de refuerzo, el agrietamiento del concreto debido al trabajo estructural y la falta de intervención humana son la base de los principales inconvenientes que agobia este lugar.

Esto pone en riesgo la estabilidad toda la planta y el personal que allí labora. Pudiendo afectar así a la población sin la prestación del servicio.



Foto 45. Columnas de soporte de la planta debilitadas

Fuente: Autor



Foto 46. Columna con desprendimiento de material y exposición del refuerzo

Fuente: Autor

- Las válvulas de 10" que vienen de los pozos que permite el paso de agua cruda hacia la planta están enterrada y se desconoce su posición real, debido a que cuando se construyó el sistema de acueducto no se realizaron planos donde se ubiquen cada uno de estos elementos.

Debido a esto se desconoce el estado real, pero como no se permite su accionamiento esto origina deterioro total de las válvulas.

- La planta no tiene elementos de señalización que indique los elementos existentes en los procesos y las vías de evacuación, no se cuenta con un sistema contra incendios teniendo en cuenta que la planta se encuentra rodeada por una gran vegetación y algún corto circuito o la alta intensidad luminosa del sol podría causar fuegos alrededor de la planta.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analiza la información recolectada e investigada a partir de la bibliográfica consultada, en la cual, se toman en cuenta los datos obtenidos sobre las bombas de los diferentes pozos, donde, se verifica si la capacidad de estas son las idóneas para el transporte del agua hasta la estación de tratamiento utilizando el caudal de trabajo.

También se analiza la información obtenida a partir de las diferentes inspecciones a la planta de tratamiento de agua potable donde se identifica cuales son los diferentes factores que causan deterioro a la infraestructura del lugar.

7.1 Verificación de la potencia requerida para las bombas de captación de los Pozos No. 2 y No. 3

A continuación se presenta el análisis hidráulico realizado a las bombas de captación en mención con el fin de verificar si la capacidad instalada es la idónea para este sistema, donde, se aplicaron los conocimientos de mecánica de fluidos y máquinas de flujo.

- **Cálculos Pozo No. 2**

Inicialmente se recopiló y organizó la información necesaria para poder efectuar los cálculos necesarios, la cual, fue suministrada por el personal de la empresa operadora del servicio ACUACOR S.A.S E.S.P., mediante de planos y en entrevista con el personal operativo del acueducto.

Profundidad de la bomba en el pozo	mts	60
Cota mínima del terreno	mts	52
Cota Máxima del terreno	mts	97,62
Caudal de operación	L/s	22

Tabla 5. Datos generales Pozo No. 2

Fuente: Autor

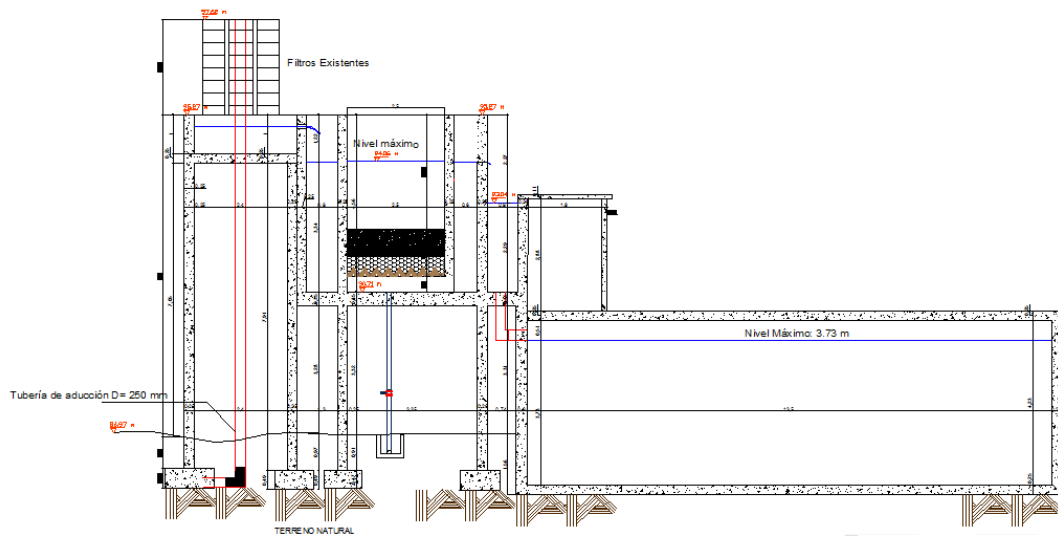


Figura 32. Vista lateral planta de tratamiento de agua, cota máxima (Anexos, ítem 2)

Fuente: ACUACOR S.A.S E.S.P

En este sistema se tiene dos tramos de tubería de diferente material y diámetro por ende diferentes rugosidades por ello sea analizar por aparte.

Hay que tener en cuenta que la velocidad estará determinada por la expresión caudal entre área de la sección transversal para cada tubería:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Según El RAS 2000 (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO) en su sección II, título B (Sistemas de acueducto) numeral B.6.4.8.4. Recomienda recomiegan una velocidad máxima de 6 m/s.

	D(mm)	D(pulg)	D(m)	Área (m ²)	V(m/s)	Verificación RAS 2000
Tramo 1	100	4,0	0,100	0,0079	2,80	ok
Tramo 2	250	10,0	0,250	0,0491	0,45	ok

Tabla 6. Velocidades en tuberías Pozo No. 2

Fuente: Autor

Luego se procede a realizar el cálculo de pérdidas por fricción en accesorios en cada tramo de tubería por medio de tablas de longitudes equivalentes⁷.

Tramo 1			
Accesorio	Cantidad	Pérdida Unitaria	Pérdida total
Válvula de retención	1	13,12	13,12
Codo de 90°	1	2,14	2,14
Te	1	6,71	6,71
Válvula de Compuerta	1	0,7	0,70
Válvula de bola	1	0,05	0,05
Codo de 45°	2	1,52	3,04
Total			25,76

Tabla 7. Pérdidas por accesorios tramo 1 Pozo No. 2

Fuente: Autor

Tramo 2			
Accesorio	Cantidad	Pérdida Unitaria	Pérdida total
Codo de 90°	11	7,93	87,23
Codo de 45°	41	3,96	162,36
Total			249,59

Tabla 8. Pérdidas por accesorios tramo 2, línea de aducción

Fuente: Autor

Para el cálculo de la carga dinámica (**H**) de la bomba se utiliza la expresión:

$$H = Z + K_T \cdot Q^2$$

Donde,

H: Carga dinámica de la bomba

Z: Altura estática, diferencia entre las cotas de terreno

K_T: Constante total de pérdidas, para efectos prácticos de calculo

Q: Caudal de diseño

La expresión,

K_T Q²: Pérdidas por fricción totales h_L, representa la ecuación de Darcy

Ecuación de Darcy:

⁷ Tabla de pérdidas por fricción en accesorios de la empresa León Industrial S.R.L. Anexo, ítem 4

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

La constante de pérdidas esta identifica como:

$$K_T = K_1 + K_2$$

Esto debido a que se tienen dos diámetros de tubería y de materiales diferentes, por tanto,

$$K_T = K_1 + K_2 = \left(f_1 \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{1}{A^2_1 \cdot 2g} \right) + \left(f_2 \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{1}{A^2_2 \cdot 2g} \right)$$

Al final la ecuación de ecuación de Darcy queda como:

$$h_L = K_T \cdot Q^2 = \left[\left(f_1 \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{1}{A^2_1 \cdot 2g} \right) + \left(f_2 \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{1}{A^2_2 \cdot 2g} \right) \right] \cdot Q^2$$

Debido a esto la carga dinámica de la bomba se define como:

$$H = Z + \left[\left(f_1 \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{1}{A^2_1 \cdot 2g} \right) + \left(f_2 \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{1}{A^2_2 \cdot 2g} \right) \right] \cdot Q^2$$

Para poder resolver la ecuación y obtener la carga dinámica es necesario determinar el factor de fricción longitudinal (**f**), el cual, se puede determinar de diferentes formas, por medio del método grafico Diagrama de Moody o por medio de métodos numéricos.

En este análisis se aplicó el método gráfico mediante la ecuación de Colebrook-White, que es válida para todo tipo de flujo y rugosidades. Es la más exacta y universal, utilizando iteración y rugosidad absoluta⁸.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f: Factor de fricción

⁸ <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>

ε : Rugosidad absoluta

D: Diámetro interno de la tubería

Re: número de Reynolds

El número de Reynolds será determinado por la expresión

$$Re = \frac{VD}{\vartheta}$$

Donde:

V: Velocidad del fluido

D: Diámetro interno de la tubería

ϑ : Viscosidad del Fluido

Según Robert L. Mott en su libro mecánica de fluidos, Sexta edición Se determina si el fluido es laminar, turbulento o si se encuentra en la región crítica a partir de:

Si $Re < 2000$, el flujo es laminar

Si $2000 < Re < 4000$, región crítica

Si $Re > 4000$, el flujo es turbulento

Por tanto en las tablas siguientes tablas realizamos los cálculos de las constantes de pérdidas para cada tipo de tubería:

Datos del sistema (tubería de impulsión)	
Q diseño (L/s)	22,00
L(m)	160
n(Eficiencia)%	0,75
Viscosidad m^2/s	1,14E-06
Longitud equ. Accesorios	25,76
Long. Total(m)	185,76
Tipo de tubería	Acero al carbón
ε_1 (Rugosidad absoluta) ⁹	0,09
Re ₁	2,46E+05
F ₁ (Factor de fricción)	0,0204
$2 \log(Ks/3.7D + 2.51/Re(Raiz(f)))$	7,00
1/Raiz(f)	7,00
K₁	31311,48

Régimen turbulento

⁹ Tabla de rugosidades absolutas, anexos ítem 5.

Tabla 9. Cálculo de constante de pérdidas del tramo 1 Pozo No. 2

Fuente: Autor

Datos del sistema (tubería de aducción)		
Q diseño (L/s)	22,00	
L(m)	5850	
n(Eficiencia)%	0,75	
Viscosidad m ² /s	1,14E-06	
Longitud equ. Accesorios	249,59	
Long. Total(m)	6099,59	
Tipo de tubería	PVC	
ε ₂ (Rugosidad absoluta)	0,0015	
Re ₂	9,83E+04	Régimen turbulento
F ₂ (Factor de fricción)	0,0181102	
2 log(Ks/3.7D +2.51/Re(Raiz(f)))	7,436	
1/Raiz(f)	7,431	
K₂	9346,42	

Tabla 10. Cálculo de constante de pérdidas del tramo 2

Fuente: Autor

Ya habiendo realizado los cálculos de las constantes de perdidas por tramo de tubería realizamos el cálculo de la cabeza dinámica de la bomba:

CÁLCULO DE LA CABEZA DINÁMINA TOTAL	
K1	31311,48
K2	9346,42
K1 + K2	40657,90
Q ²	0,0004840
Z	105,62
Perdida por Fricción H _f (m)	19,68
H(CABEZA DINÁMICA TOTAL)	125,30

Tabla 11. Calculo Cabeza dinámica de la bomba Pozo No. 2

Fuente: Autor

Ya teniendo el valor anterior podemos calcular la potencia de la bomba la cual se determina a partir de la formula:

$$P = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{76 \cdot n}$$

Donde:

P: Potencia de la bomba

□: Peso específico del agua

H: Carga dinámica de la bomba

n: La eficiencia

Cálculo de la Potencia	
Q (m ³ /s)	0,022
ρ (Kg/m ³)	1000
H(m)	125,30
n (eficiencia)	0,75
POTENCIA BOMBA(HP)	48,36
POTENCIA DEL MOTOR(HP)	53,20

Tabla 12. Cálculo de potencia de la bomba y el motor Pozo No. 2

Fuente: Autor

La potencia del motor, debido a los datos comerciales, equivale a un 10% más de la potencia de la bomba.

La potencia de la bomba actual instalada en el sistema de captación es de 50 HP lo cual se considera aceptable basados en el los presentes cálculos de verificación, donde se cumple con los requerimientos exigidos necesarios para llevar el agua hasta la planta de tratamiento.

De esta manera, a partir de los datos anteriores pasamos a determinar la curva del sistema de bombeo utilizando caudales y cargas dinámicas:

Q(LPS)	Q(m3/Seg)	H(m)
5	0,0050	106,64
10	0,0100	109,69
15	0,0150	114,77
20	0,0200	121,88
22	0,0220	125,30
25	0,0250	131,03
30	0,0300	142,21
35	0,0350	155,43

Tabla 13. Datos para generar la curva del sistema Pozo No. 2

Fuente: Autor

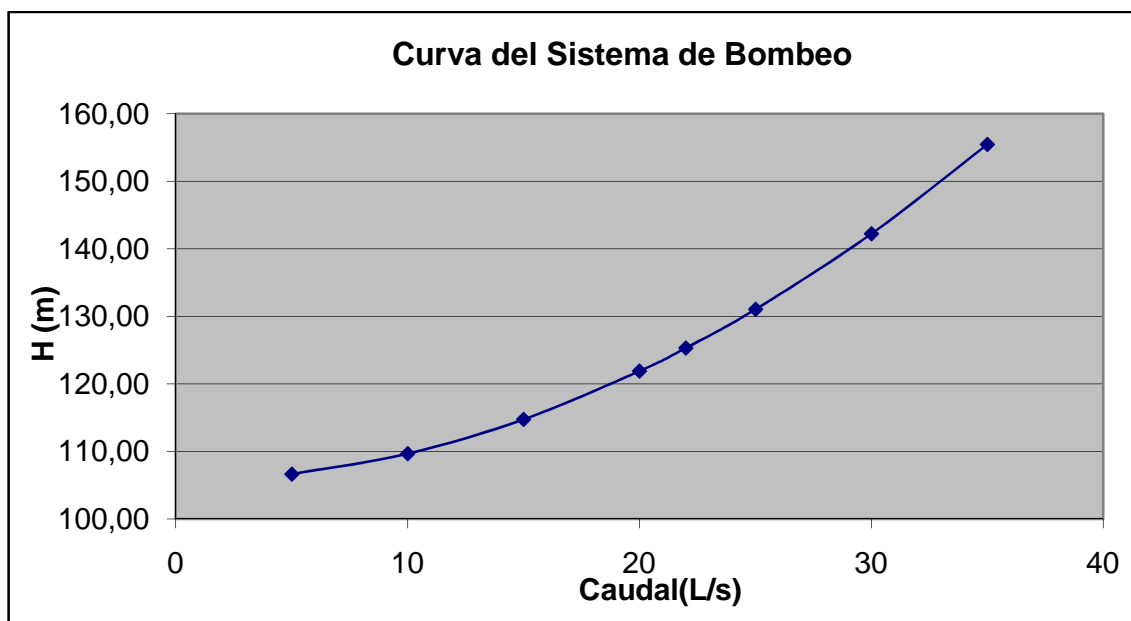


Figura 33. Curva del sistema de Bombeo del Pozo No. 2

Fuente: Autor

Esta es la curva que utilizaremos para seleccionar nuestra bomba, donde, se proyecta sobre las curvas de eficiencia y potencia de las diferentes bombas que ofrezca el fabricante.

- **Cálculos Pozo No. 3**

Para el cálculo de la bomba del pozo No. 3 se utiliza el mismo procedimiento utilizado para el cálculo de verificación de la bomba del pozo No. 2.

Profundidad de la bomba en el pozo	m	60
Cota mínima del terreno	m	52
Cota Máxima del terreno	m	97,62
Caudal	L/s	20

Tabla 14. Datos generales Pozo No. 3

Fuente: Autor

	D(mm)	D(pulg)	D(m)	Área (m ²)	V(m/s)	Verificación RAS 2000
Tramo 1	100	4,0	0,100	0,0079	2,55	ok
Tramo 2	250	10,0	0,250	0,0491	0,41	ok

Tabla 15. Velocidades en tuberías Pozo No. 3

Fuente: Autor

Tramo 1			
Accesorio	Cantidad	Pérdida Unitaria	Pérdida total
Válvula de retención	1	13,12	13,12
Codo de 90°	1	2,14	2,14
Válvula de Compuerta	1	0,7	0,70
Válvula de bola	1	0,05	0,05
Codo de 45°	2	1,52	3,04
Total			19,05

Tabla 16. Pérdidas por accesorios tramo 1 Pozo No. 3

Fuente: Autor

Tramo 2			
Accesorio	Cantidad	Pérdida Unitaria	Pérdida total
Codo de 90°	11	7,93	87,23
Codo de 45°	41	3,96	162,36
Total			249,59

Tabla 17. Pérdidas por accesorios tramo 2, línea de aducción

Fuente: Autor

Datos del sistema (tubería de impulsión)		
Q diseño (L/s)	20,00	
L(m)	860	
n(Eficiencia)%	0,75	
Viscosidad m ² /s	1,14E-06	
Longitud equ. Accesorios	19,05	
Long. Total(m)	879,05	
Tipo de tubería	Acero al carbón	
ε_1 (Rugosidad Absoluta)	0,09	
Re ₁	2,23E+05	Régimen turbulento
F ₁ (Factor de fricción)	0,0205	
2 log(Ks/3.7D + 2.51/Re(Raiz(f)))	6,985	
1/Raiz(f)	6,984	
K₁	148897,93	

Tabla 18. Cálculo de constante de pérdidas del tramo 1 Pozo No. 3

Fuente: Autor

Datos del sistema (tubería de aducción)		
Q diseño (L/s)	20,00	
L(m)	5850	
n(Eficiencia)%	0,75	
Viscosidad m ² /s	1,14E-06	
Longitud equ. Accesorios	249,59	
Long. Total(m)	6099,59	
Tipo de tubería	PVC	
ϵ_2 (Rugosidad Absoluta)	0,0015	
Re ₂	8,94E+04	Régimen turbulento
F ₂ (Factor de fricción)	0,01842	
2 log(Ks/3.7D +2.51/Re(Raiz(f)))	7,36	
1/Raiz(f)	7,36	
K ₂	9560,30	

Tabla 19. Cálculo de constante de pérdidas del tramo 2

Fuente: Autor

CÁLCULO DE LA CABEZA DINÁMINA TOTAL	
K1	148897,93
K2	9506,30
K1 + K2	158404,23
Q ²	0,0004000
Z	105,62
Perdida por Fricción H _f (m)	63,36
H(CABEZA DINÁMICA TOTAL)	168,98

Tabla 20. Cálculo Cabeza dinámica de la bomba Pozo No. 3

Fuente: Autor

Cálculo de la Potencia	
Q (m ³ /s)	0,0200
ρ (Kg/m ³)	1000
H(m)	168,98
n (eficiencia)	0,75
POTENCIA BOMBA(HP)	59,29
POTENCIA DEL MOTOR(HP)	65,22

Tabla 21. Cálculo de potencia de la bomba y el motor Pozo No. 3

Fuente: Autor

La potencia del motor, debido a los datos comerciales, equivale a un 10% más de la potencia de la bomba.

La potencia de la bomba actual instalada en el sistema de captación es de 50HP lo cual se considera no recomendable basados en el los presentes cálculos de verificación. El pozo No. 3 necesita una bomba de capacidad como mínimo de 60HP para garantizar el transporte del fluido en condiciones optimas hasta la planta de tratamiento. De lo contrario las evidentes pérdidas de presión seguirán vigentes y se tardara mucho más en llenar los tanques de almacenamiento. Estos inconvenientes se reflejan sobre el servicio prestado donde existen largos tiempos de espera para su consumo del fluido por parte de la comunidad.

De esta manera, a partir de los datos anteriores pasamos a determinar la curva del sistema de bombeo utilizando caudales y cargas dinámicas:

Q(LPS)	Q(m3/Seg)	H(m)
5	0,0050	109,58
10	0,0100	121,46
15	0,0150	141,26
20	0,0200	168,98
25	0,0250	204,62
30	0,0300	248,18
35	0,0350	299,67

Tabla 22. Datos para generar la curva del sistema Pozo No. 3

Fuente: Autor

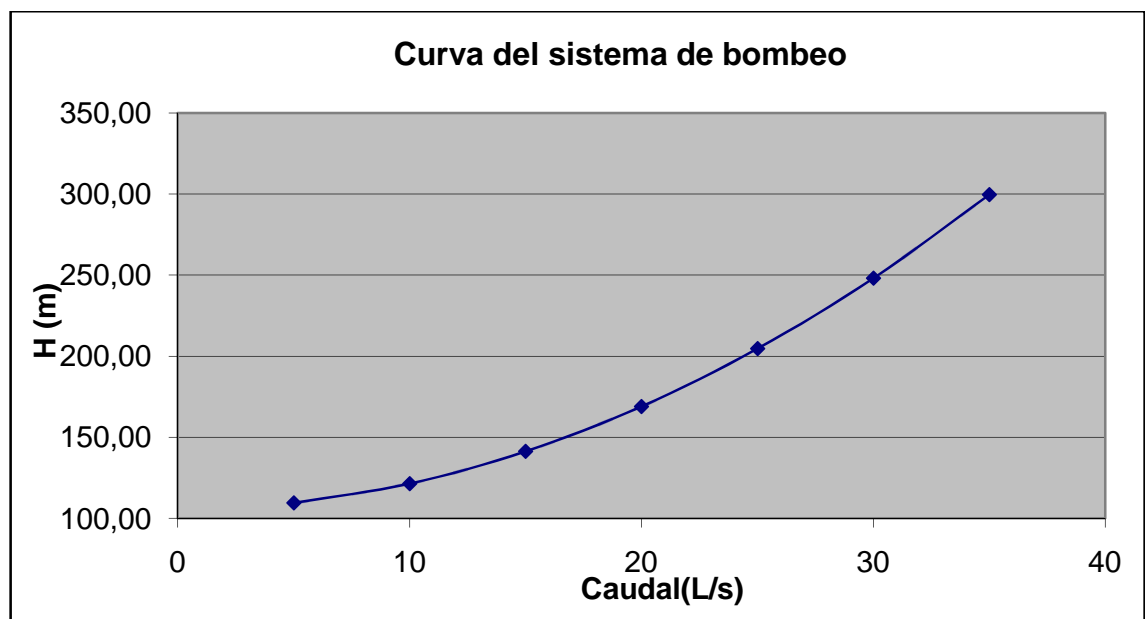


Figura 34. Curva del Sistema de Bombeo del Pozo No. 3

Fuente: Autor

Esta es la curva que utilizaremos para seleccionar nuestra bomba, donde, se proyecta sobre las curvas de eficiencia y potencia de las diferentes bombas que ofrezca el fabricante.

7.2 Análisis de la influencia de la calidad del agua cruda en el estado actual de la planta de tratamiento.

Luego de realizado una inspección a la planta de tratamiento de agua potable en estudio, pudimos analizar que el principal agente de desgaste y deterioro de los componentes del lugar, aparte del tiempo y la falta de atención, es el agua cruda que ingresa a la planta. Esto debido a que algunos de los componentes químicos que constituyen el agua son agentes corrosivos y de incrustaciones del conjunto de elementos del sistema hidráulico de la planta, al igual estos componentes químicos del agua contribuyen al deterioramiento de las estructuras de concreto a través del tiempo. Por esto fue importante analizar la calidad del agua proveniente de las aguas subterráneas del municipio de clemencia. Donde parte de la información fue suministrada por parte del operador del servicio ACUACOR S.A.S E.S.P.

A continuación se muestran los resultados de la calidad de agua que actualmente producen los pozos:

Parámetros	Un	Muestras agua cruda pozos Clemencia					Promedio
		1	2	3	4	5	
PH	Un	6.86	6.64	6.55	6.5	6.6	6.63
Color	Un	6	5	10	7	6.5	6.9
Turbiedad	NTU	85	90	11	62	65	62.6
Conductividad	microsiemens/cm	722	720	740	710	730	724.4
Alc. Total	mg/L CaCO ₃	95	85	114	94	98	97.2

Acidez	mg/L CaCO ₃	5	5	6	4.5	5.2	5.14
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	248	240	238	250	260	247.2
Calcio	mg/L Ca	49	52	56	52	50	51.8
Cloruros	mg/L Cl	68.4	68.8	68.8	67	69	68.4
Sulfatos	mg/L SO ₄	156	113	143	142	150	140.56
Hierro Total	mg/L Fe	4.4	2.4	2.4	3.1	3	3.06
Coliformes Fecales	UFC/100 cm ³	10	1	1	51	10	14.6

Tabla 23. Calidad de aguas de los pozos, acueducto de Clemencia, Bolívar

Fuente: ACUACOR S.A.S E.S.P

7.2.1 Análisis de los resultados de los estudios de calidad de aguas realizados

Para el análisis de los resultados de calidad de aguas actual, se realizó una comparación de los mencionados resultados con los parámetros citados en la literatura de referencia donde se evalúa la aptitud del agua como agente que contribuyen a la corrosión de los elementos ferrosos y de las estructuras de concreto.

7.2.1.1 pH

El pH es una medida de la concentración de iones Hidrógeno. Su interpretación va relacionada con la Alcalinidad o Acidez Titulable, los cuáles tienen relevancia para influir como agente corrosivo, según la literatura antes mencionada, en valores por encima de 9.6 o por debajo de 6 respectivamente el agua tenderá a ser más corrosiva¹⁰. Es decir que para Clemencia, el pH del agua cruda presenta un estado casi neutral por tanto no influye como agente corrosivo que afecte los componentes ferrosos y contribuya a las incrustaciones por oxidación al contacto del agua con el aire en tuberías, válvulas y accesorios.

¹⁰ 4.1.10.3 Importancia del agua en el proceso de corrosión

7.2.1.2 Color

Es una medida del Color que le confieren al agua los materiales contaminantes el cual es importante ya que es un indicador a partir de la inspección visual para determinar agentes que influyan al deterioramiento de los materiales ferrosos y de concreto. Para su medición se utiliza la escala de Hazen. El Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud y la resolución 2115 de 2007 establecen que para agua potable el color verdadero deberá ser inferior a 15 UPC, por lo tanto se concluye que el color en estado normal es aceptable. Es importante aclarar que en ensayos el agua al salir de la unidad de filtrado se torna color café, debido a la reacción química del hierro con el oxígeno. Una vez el agua se almacena en los tanques, el color vuelve a su estado normal.

7.2.1.3 Turbiedad

Es una opalescencia que le confieren al agua los sólidos suspendidos de tamaño coloidal, estos sólidos tienden a incrementar las tendencias a la corrosión por cavitación del agua, y también proveen suciedad, un depósito de suciedad puede conducir a la corrosión por celdas de concentración. Se mide en NTU. La resolución 2115 de 2007 establece que para agua la Turbidez deberá ser inferior a 2 NTU. Teniendo en cuenta que el promedio de turbiedad es de 62.5 NTU, se infiere que la planta necesita bajar este parámetro, a través de los procesos unitarios de la sedimentación y la filtración, para así contribuir también a la preservación de las tuberías, válvulas y accesorios del sistema hidráulico de la planta.

7.2.1.4 Conductividad

Este parámetro mide el contenido total de sales en el agua. Según la literatura antes mencionada los niveles de la conductividad del agua deberá ser inferior a 500microsiemens/cm¹¹ para no contribuir con la corrosión sobre los elementos de material ferroso de sistema hidráulico de la planta. En clemencia, la conductividad del agua cruda es de 724.4mS/cm, lo cual está por fuera de los rangos permitidos.

7.2.1.5 Alcalinidad total

Alcalinidad se refiere a la capacidad de un agua para neutralizar ácidos. La presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de calcio, magnesio y sodio son las causas más comunes de alcalinidad en aguas naturales. La

¹¹ 4.1.10.3 Importancia del agua en el proceso de corrosión

importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. Los valores de alcalinidad sobre el agua cruda que permiten prevenir la corrosión sobre los materiales ferrosos son los superiores o igual 40mg CaCO₃/L para la alcalinidad total, lo cual infiere que el agua de los pozos con un valor de 97.2 CaCO₃, presente una alcalinidad aceptable que brinda una capa protectora contra la corrosión.

7.2.1.6 Dureza total

La dureza es la propiedad del agua que le impide formar espuma con el jabón. La dureza es causada por los iones metálicos divalentes que son capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados. Estos iones pueden ser cationes o aniones que se encuentran presente en el agua, dando origen a compuestos incrustantes. Los cationes principales responsables de la dureza del agua son el calcio, el magnesio, el estroncio, el manganeso y el hierro ferroso. Aguas muy duras, son la causa principal de las incrustaciones con valores superiores 180mg/l CaCO₃ además entre más alta sea la dureza, el fluido es más propenso a generar corrosión. Como se observa, estas características están presentes en el agua cruda de los pozos que abastecen el acueducto de clemencia y su valor promedio es de 247.2 mg/L CaCO₃ el cual es superior al límite recomendado para evitar corrosión e incrustaciones en las tuberías, válvulas y accesorios del sistema hidráulico de la planta.

7.2.1.7 Cloruros

El valor de los cloruros es bajo (68.4 mg/L Cl) con respecto a la concentración permitida la cual es de 150 mg/L Cl. Luego no hay problema con respecto a este parámetro de que influya sobre la corrosión de los materiales ferrosos y los elementos de concreto reforzado de la planta de tratamiento de agua. Ya que este es un elemento de ataque químico agresivo que influye sobre estos elementos.

7.2.1.8 Sulfatos

A pesar de que la concentración en promedio de sulfatos en el agua de los pozos es de 140.56 mg/L de SO₄, en el estudio se registran niveles altos de de sulfatos superiores al límite 150 mg/L SO₄ y esto es típico de las aguas de pozo profundo donde se llevan a cabo actividades anaeróbicas. Estos valores altos influyen en el deterioramiento de materiales ferrosos y los elementos de concreto reforzados de la planta de tratamiento de agua ya que representa un medio de ataque químico agresivo que permite del desgaste rápido por corrosión en presencia de humedad constante. Otro material que también se ve afectado por este componente químico es el latón en el cual provocarán en

breve plazo de tiempo corrosión, por descincificación localizada, de llaves y dispositivos de latón amarillo, que además sufrirán la erosión en aquellos lugares con pasos reducidos producida por la circulación de agua a gran velocidad¹². La descincificación supone la disolución de la aleación y la posterior deposición del cobre poroso inadherente.

7.2.1.9 Hierro total

En general, el hierro no presente ninguna alteración en la salud humana, pero su presencia en límites superiores a la permitida hace que el agua al ponerse contacto con el oxígeno se torne de color café. El agua cruda de los pozos presenta una concentración promedio de 3.06 mg/L y la concentración máxima permisible es de 0.3 mg/L, por lo cual, los depósitos de hierro y manganeso se acumulan en las tuberías, válvulas, accesorios y tanques. Estos depósitos restringen el flujo del agua y reducen la presión del agua. Más energía se requiere para bombear agua a través de tubos tapados. Esto aumenta los costos de la energía y el agua. El agua contaminada con hierro y manganeso usualmente contiene bacterias de hierro o manganeso. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua. Un conteo alto de bacterias en la mezcla del fluido para trabajo de metales puede provocar la corrosión. Las bacterias consumen componentes del fluido para trabajo de metales que pueden bajar el pH de la mezcla. Además producen ácidos orgánicos débiles que disminuyen el pH y la resistencia a la corrosión del fluido.

Las bacterias del hierro, principalmente las de los géneros Gallionella, Cremonthrix y Leptothrix, pueden dar precipitados voluminosos de compuestos férricos a partir del ion ferroso, los cuales reducen drásticamente la permeabilidad, además de atrapar otras partículas insolubles. La condición más favorable para su desarrollo es aguas con elevado contenido en Fe (por encima de 1 ppm) y Mn¹³.

Es importante resaltar finalmente, que la planta de tratamiento actual de Clemencia, no tiene operaciones unitarias adecuadas para la remoción del hierro, no presenta un sistema de pre-oxidación, la torres de aireación es de baja capacidad, no existe una cámara de sedimentación y el sistema de filtrado es insuficiente.

7.2.1.10 Coliformes fecales

La sola presencia de coliformes fecales produce ácidos orgánicos débiles que disminuyen el pH y la resistencia a la corrosión del fluido. Esto conlleva a la

¹² <http://www.data-red.com/cgi-bin/articulos/ver.pl?id=200982152310>

¹³ http://www.miliarium.com/proyectos/estudioshidrogeologicos/anejos/corrosion_incrustaciones/Incrustaciones.htm

desinfección con cloro donde la presencia de cloro libre por encima de 1 mg/l y de cloramina arriba de 2 mg/l producen corrosión sobre los elementos de material ferroso.

7.3 Análisis de las estructuras de concreto en el estado actual de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de agua del Municipio de Clemencia se encuentra construida en su totalidad en concreto reforzado, desde la estructura de soporte de la torre de aireación (vigas, columnas), muros, tanques de filtrado y proceso, hasta los tanques de almacenamiento del agua tratada.

Sin embargo, la parte estructural de toda la planta afectada son las columnas de la torre de aireación y en una pequeña porción las columnas que soportan los tanques de filtrado y proceso; estas columnas se encuentran en un estado muy vulnerable. En un grado, que compromete la estabilidad estructural y funcionamiento de la planta.

El desprendimiento de concreto, la exposición al ambiente de los refuerzos, su corrosión y la fisuración del concreto son uno de los problemas que aquejan a estos componentes estructural básico para la estabilidad de la planta.

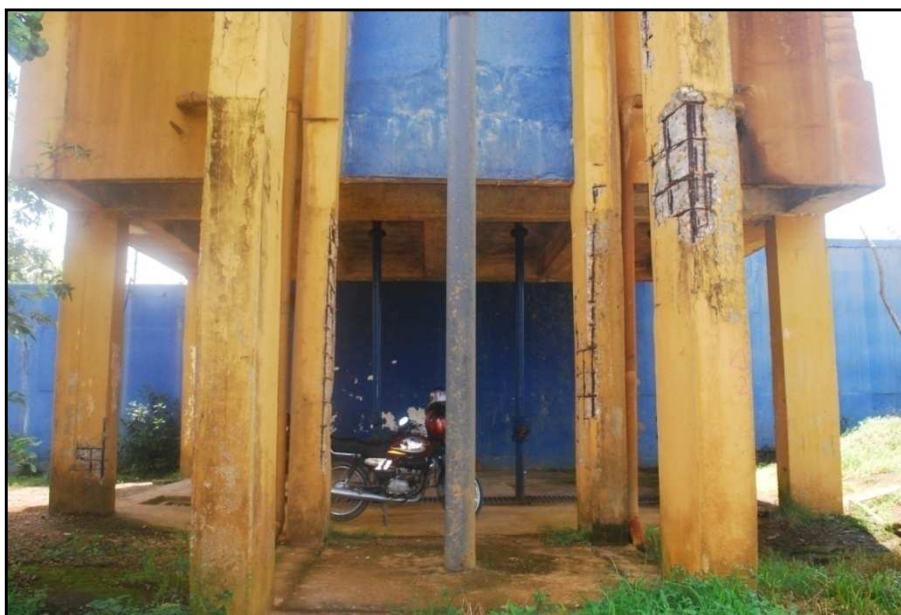


Foto 47. Columnas de soporte de la planta debilitadas

Fuente: Autor

El componente principal de deterioro es la humedad, ya que estas estructuras están en contacto diario con el agua cruda que ingresa a la planta. Basados en la descripción anterior del análisis de la calidad del agua pudimos notar que

existen sustancias agresivas que reaccionan químicamente con el concreto afectando así sus propiedades físicas.

Aunque no es posible asegurarlo, un posible factor causante de deterioro a tener en cuenta es la preparación de la mezcla de concreto, con la cual se construyó la planta hace diez y ocho años, ya que la corrosión también se da por las reacciones entre los componentes del concreto. Entre ellas tenemos, la reacción álcali, agregado, es decir la reacción de los agregados o por reacción de los cementos. La reacción de los agregados se debe al ácido sulfúrico que se forma por oxidación de sulfuros de hierro, la reacción del cemento se da por exceso de caída libre o por exceso de magnesio.

Las sustancias más dañinas a la estructura de concreto son los sulfatos y los ácidos. A estos agentes se les suma los cloruros, por su acción destructiva cuando penetran al interior elementos de concreto armado. Los cloruros, si bien no son dañinos al concreto, su penetración en éste origina la corrosión del refuerzo.

Es importante anotar que la actividad nociva de los sulfatos sólo ocurre en presencia de humedad. Por lo general sólo las sustancias químicas que están en solución son agresivas al concreto y su grado de agresividad dependerá de su concentración en la solución, como vimos en el análisis de calidad del agua la concentración de sulfatos es considerable para causar deterioramiento. Esto produce desintegración del concreto al reaccionar con los hidróxidos de calcio (cal hidratada) liberados en el proceso de hidratación del cemento, y forman sulfato de calcio (yeso). Este a su vez reacciona con el aluminato hidratado de calcio para formar el sulfoaluminato de calcio (etringita). Estas dos reacciones dan productos sólidos de mayor volumen que el original y son causantes de las expansiones y rupturas del concreto¹⁴.

La descomposición y desintegración del concreto es progresiva mientras, éste está expuesto a los agentes que la produce. Debido a que no fue detectada y controlada a tiempo, su avance comprometió el recubrimiento de las barras de refuerzo dejando expuestas la armadura a la acción agresiva directa del medio.

Estas estructuras están también sometidas a ataques químicos tales como: la Lixiviación, la cual es el paso del agua a través del concreto, por filtración o por presión, produce la disolución y extracción de la cal libre con la consecuente pérdida de volumen y de resistencia. La disolución de la cal del concreto ocurre también por contacto con aguas blandas debido al bajo contenido de sales que tienen estas.

¹⁴<http://civilgeeks.com/2011/12/03/patologia-de-las-cimentaciones/>

Otro ataque químico que se pudo apreciar es la cristalización de sales que ocurre cuando hay filtración de agua a través del concreto que produce expansión interna que rompe por tracción el concreto.

Por otra parte se pudo notar que las barras de refuerzo de concreto están sujetas a deterioro por oxidación directa con el medio ambiente y no por corrosión electroquímica, que se produce por la presencia de cloruros. Ya que este componente no sobre pasa lo límites permitidos, según el análisis estudiado de la calidad del agua para que exista corrosión en presencia de cloruros.

Como bien sabemos el acero de refuerzo está protegido de la corrosión por el recubrimiento de concreto que le provee una barrera protectora y por el ambiente alcalino producto de una combinación de reacciones químicas en la superficie del acero. En este medio alcalino alto se produce una reacción química en la superficie del concreto, formándose una película protectora que inhibe las reacciones electroquímicas del proceso de corrosión.

Pero existen factores que destruyen la protección, aparte de los problemas ya mencionados existe también el caso la carbonatación del concreto como agente destructor.

La Carbonatación del concreto se produce por la reacción química de los álcalis del concreto, particularmente el hidróxido de calcio, con el dióxido de carbono a través del tiempo, que da como resultado el carbonato de calcio. En esta reacción, el pH del concreto cae a valores por debajo del nivel de protección, dejando a las barras en unos ambientes neutros y expuestos a la oxidación directa en presencia de humedad y oxígeno. La corrosión de las barras en estos casos es generalizada. El ritmo de avance de la carbonatación depende, en gran medida, en la calidad del concreto, en particular en su permeabilidad, y en el estado de fisuración de las superficies.



Foto 48. Perdida de las propiedades físicas del concreto

Fuente: Autor

Las fisuración del concreto han representado también un problema estructural para la planta a los esfuerzos de flexión y tracción a los que ha estado sometida la estructura. Se pudo evidenciar que la estructura estuvo sometida a movimientos a partir de obras de refuerzo sobre el suelo alrededor de la planta. Estas obras fueron realizadas por la erosión del terreno gracias a las lluvias, que estaba poniendo en riesgo la estabilidad de la planta de tratamiento de agua potable.



Foto 49. Obras de refuerzo sobre el suelo alrededor de la planta de tratamiento

Fuente: Autor

7.4 Análisis del sistema Hidráulico en el estado actual de la planta de tratamiento

Como bien pudimos observar en los análisis anteriores y en la descripción de problemas encontrados. La planta de tratamiento se encuentra afectada tanto física como hidráulicamente.

Debido a los problemas con la calidad del agua que en el estudio anterior, problemas con la corrosión, incrustaciones y pérdida de la vida útil de los componentes hidráulicos tales como tuberías, válvulas y accesorios. Otros problemas también importantes que afectan a este sistema son las faltas de mantenimiento evidentes y la falta de inversión las cuáles garantizan una operación óptima del sistema.

Gracias a la empresa operadora del servicio (ACUACOR S.A.S E.S.P) pudimos obtener información de operatividad de los primeros años de inicio de las operaciones de la planta de tratamiento de agua del Municipio de Clemencia. Para así realizar una comparación con las condiciones actuales.

El caudal de producción de la planta en sus primeros años de operación era de 26 L/s con una capacidad máxima de explotación de los pozos de: pozo No 2= 33 L/s y pozo No 3= 28 L/s para un total de producción de 61 L/s.

Para medir la capacidad de instalación y de producción actual en la planta se procedió a realizar la medición del tiempo en el llenado de los tanques de almacenamiento de agua para determinar el caudal de producción, previamente consultamos con el personal operativo, los cuáles constan con una amplia experiencia sobre el tema donde nos informaron que el llenado de los tanques se producía alrededor de nueve horas, tiempos muy largos que afectan el servicio.

Para confirmar esta información procedimos a realizar la medición del tiempo por tanque:

Datos:

V= volumen (m^3); **t**= Tiempo (hrs ó seg); **Q**= Caudal (m^3 /hrs ó L/s)

- **Tanque 1**

$$V_1 = 400m^3$$

Tiempo cronometrado:

$$t_1 = 5:17:24 = 5,29 \text{ hrs}$$

Caudal de producción:

$$Q_1 = \frac{V_1}{t_1} = \frac{400 \text{ m}^3}{5,29 \text{ hrs}} = 75,614 \frac{\text{m}^3}{\text{hrs}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hrs}}{3600 \text{ seg}}$$

$$Q_1 = 21,004 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

- **Tanque 2**

$$V_2 = 300 \text{ m}^3$$

Tiempo cronometrado:

$$t_2 = 3:57:36 = 3,96 \text{ hrs}$$

Caudal de producción:

$$Q_2 = \frac{V}{t} = \frac{300 \text{ m}^3}{3,96 \text{ hrs}} = 75,757 \frac{\text{m}^3}{\text{hrs}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ hrs}}{3600 \text{ seg}}$$

$$Q_2 = 21,043 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

Luego,

El caudal promedio de producción actual en la planta es:

$$Q_p = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{21,004 + 21,043}{2}$$

$$Q_p = 21,023 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

Observando esta información podemos analizar que en efecto los tanques son llenados en su totalidad al cabo de nueve horas del inicio de la actividad. Por otra parte un punto en el que se ven cambios notables es en el caudal de producción de la planta comparando esta medida desde el inicio de producción de la planta de tratamiento de agua potable con el estado actual, aproximadamente de más de dieciocho años de funcionalidad, donde se puede apreciar una disminución del caudal, alrededor de casi veinte por ciento (20%), con una pérdida de 4,977 L/s al cabo de todo estos años. En estas pérdidas se evidencia que los componentes del sistema hidráulico han sido afectados con el paso del tiempo, donde también las capacidades mecánicas y físicas de las bombas en el sistema de captación se ven afectadas, al igual que la falta de inversión y mantenimiento.

Estas pérdidas en el caudal se deben a dos componentes principales la calidad del agua y la pérdida de la vida útil de los componentes del sistema a través del tiempo.

El agua cruda que entra a la planta, como ya bien lo hemos mencionado anteriormente, consta de unas propiedades físicas y químicas que ayudan a que se produzca incrustaciones, corrosión y lodos sobre los componentes hidráulicos tales como las tuberías, válvulas y accesorios. Esta agua como tiene altos contenido de dureza, sulfatos, hierro, conductividad y turbiedad, es la causante de los problemas mencionados los cuales ayudan a disminuir o aumentar el diámetro interno óptimo de los componentes hidráulicos debido a esto las pérdidas viene reflejado en los valores bajos de caudal.



Figura 35. Incrustaciones por productos de corrosión

Fuente: <http://www.aqualab.com.ar/espanol/fot.htm>

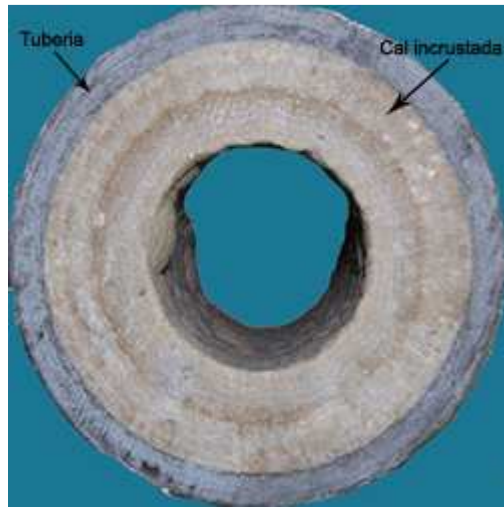


Figura 36. Incrustaciones por aguas duras

Fuente: <http://www.sorribeslujan.com/descalcificacion.htm>



Foto 50. Lodos por presencia de altos contenidos de hierro (óxido de hierro hidratado)

Fuente: Autor



Figura 37. Tubería Corroída internamente con desprendimiento de pared

Fuente: <http://www.incomat.net/calderas.php>

8. PLAN DE MEJORAMIENTO

En este capítulo se plantean recomendaciones de mejoramiento para la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Clemencia las cuales están dirigidas hacia la empresa operadora del servicio Aguas y Aseo de la Cordialidad S.A.S E.S.P, las mismas resaltan los aspectos más importantes a mejorar para que los cambios en mención sean de pronta ejecución.

Además al final de dicho capítulo se presenta un presupuesto de mejoramiento a las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable donde se definen las obras necesarias para atender las insuficiencias presentadas, situación que conlleva a establecer un orden de prioridades en inversión y tiempos de ejecución lo más pronto posible.

8.1 MEJORAMIENTO EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Debido a la importancia de este sistema, encargado de alimentar de agua la planta de tratamiento, es fundamental realizarle obras de mantenimiento e inversión.

Al realizar la verificación de la capacidad instalada por pozo se pudo concluir, a partir de los cálculos, que sólo el pozo No. 2 cuenta con los requerimientos necesarios y en el pozo No. 3 cuenta con requerimientos insuficientes, donde, la baja potencia de la bomba desarrolla inconvenientes en el transporte del agua hacia la planta de tratamiento cuando este se encuentra en operación, produciendo así retrasos en el llenado de los tanques de almacenamiento.

Por tanto, se le recomienda a la empresa reevaluar el funcionamiento de este sistema. Es necesario realizar obras sobre los pozos que actualmente funcionan, donde, estos requieren cambios sobre las tuberías de impulsión debido a que estas se han visto muy afectadas con el pasar de los años, por la calidad del agua, que como sabemos produce corrosión, incrustaciones y lodos, reduciendo así la velocidad del fluido.

También se recomienda el cambio de las bombas de los pozos en funcionamiento, si bien la del pozo No. 2 cuenta con la capacidad necesaria para operar óptimamente y la del pozo No. 3 su capacidad es insuficiente. La falta de mantenimiento a lo largo de todos estos años ha disminuido la eficiencia de trabajo de estas, por lo cual, se recomienda sustituir las bombas actuales por dos bombas sumergibles tipo lapicero de 60 HP para cada pozo

para así garantizar el transporte del agua hacia la planta de tratamiento en optimas condiciones y disminuir los tiempos en el llenado de los tanques.

Se recomienda que se siga utilizando bombas sumergibles tipo lapicero ya que son las más útiles para pozos profundos debido a su sencilla y económica instalación, no requiere caseta de bombas, ya que por su colocación profunda por debajo del nivel del agua, queda protegida contra las inclemencias del medio ambiente, trabaja silenciosamente, sin ruidos molestos de operación, no existe peligro de contaminación ya que todas las partes se encuentran lubricadas únicamente por agua y cuentan con una resistencia muy elevada a la corrosión (fundamental para este sistema).

Al momento de la selección de las bombas se le recomienda a la empresa usar la curva del sistema de bombeo realizada en los cálculos de verificación anteriores (Figuras 33 y Figura 34) en conjunto con las curvas de las bombas del fabricante.

8.2 MEJORAMIENTO CALIDAD DEL AGUA

Es importante aclarar que ciertas recomendaciones indicadas en este documento no hacen parte a la temática propia de la ingeniería mecánica sino a conocimientos de otras ingenierías específicas. Pero bajo la orientación y asesoría de un Ingeniero Especialista en Ingeniería Sanitaria pudimos investigar cuáles eran las mejores técnicas o procesos que ayudarían a mejorar la calidad del agua del Municipio de Clemencia, para así mejorar las condiciones operatividad y vida útil del sistema hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable.

8.2.1 REMOCIÓN DE HIERRO DEL AGUA CRUDA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Como bien sabemos el hierro es uno de los factores más importantes que contribuyen a la deterioración de los elementos que constituyen el sistema hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable, que como bien vimos en los análisis anteriores lo afecta considerablemente.

Por otro lado es importante resaltar que las técnicas mencionadas se usan paralelamente para la remoción del manganeso, elemento causante de incrustaciones en tuberías, válvulas y accesorios.

A continuación se describen las técnicas utilizadas en la remoción de hierro y manganeso desde la más efectiva utilizada, por sus avances en estudios científicos, hasta las más convencionales aplicadas actualmente.

8.2.1.1 Técnica de remoción de hierro y manganeso por adsorción – oxidación

La técnica para remoción de hierro y manganeso utiliza la zeolita natural como material filtrante en las plantas potabilizadoras y sobre las aguas subterráneas.

La zeolita es un mineral secundario (aluminio-silicato), relacionado con las rocas ígneas básicas como el basalto y diabasa. Actualmente se conocen más de 40 especies de zeolitas de diferente estructura cristalina donde la proporción de los elementos compuestos (Si, Al, Ca, Na, Ka) varía en amplio rango.

Las zeolitas se utilizan en la industria para remover metales pesados por intercambio iónico, para adsorción de gases y deshidratación por cribado (tamizado) molecular inherente. A nivel mundial se ha recurrido a zeolitas sintéticas para resolver problemas de alto contenido de metales pesados u otros contaminantes presentes en el agua residual de la industria.



Figura 38. Zeolita natural

**Autor: Remoción de hierro y manganeso del agua para consumo humano.
Verguinia Petkova Simeonova y Mintcho Iliev Mintchev**



Figura 39. Preparación de la zeolita

**Autor: Remoción de hierro y manganeso del agua para consumo humano.
Verguinia Petkova Simeonova y Mintcho Iliev Mintchev**

Al agregar zeolita sobre las aguas subterráneas esta forma una película en la superficie del grano de la zeolita, Figura 40, el cual es un hidro, producto con estructura estequiométrica no definida. La variación del grado de oxidación se representa con la fórmula: MnO_x (s), donde x varía de 1.1 a 1.95 en función de las condiciones de su formación¹⁵.

Estos óxidos, que cubren el grano de la zeolita, exhiben gran capacidad de adsorción y selectividad respecto a los iones de Mn (II) y Fe (II). De esta manera se elimina la competencia de los demás iones como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , etc. por los sitios activos de adsorción. Esta película remueve eficientemente el hierro y el manganeso disueltos en el agua subterránea; la zeolita en este caso, es una matriz de soporte y estabilización de la película-sorbente.

¹⁵Remoción de hierro y manganeso del agua para consumo humano. Verguinia Petkova Simeonova y Mintcho Iliev Mintchev



Figura 40. Película sorbente de óxidos de hierro y manganeso
Autor: Remoción de hierro y manganeso del agua para consumo humano.
Verguinia Petkova Simeonova y Mintcho Iliev Mintchev

8.2.1.2 Nuevas Tecnologías para las torres de aireación

La nueva tecnología en las torres de aireación de aguas provenientes de pozos profundos está constituida por la absorción de hierro, con base en filtros tipo PALL-RING, lavables y reutilizables en polipropileno de alta densidad.

Al pasar el agua proveniente de pozo profundo por la torre de aireación, al contacto con los anillos PALL-RING el hierro se precipita en partículas insolubles, los cuales se adhieren a los anillos PALL-RING, permitiendo que el agua pase a la planta de tratamiento libre de hierro. Con ellos se logra la oxidación del hierro en el agua procedencia subterránea.



Figura 41. a) Torre de Aireación. b) Anillos de Pall-Ring
Autor: <http://www.ingetecsacol.com/relleno.html>

Ventajas:

Son efectivos en la extracción de hierro.

- ✓ Son recuperables un 100%.
- ✓ Su lavado es simple y de bajo costo.
- ✓ Excelente flujo del líquido.
- ✓ Fácil de instalar en la torre de aireación.
- ✓ No infringen normas ambientales nacionales.
- ✓ Bajo peso.
- ✓ Excelente estabilidad mecánica.

8.2.1.3 Otras Técnicas aplicadas en la remoción de hierro y manganeso

A continuación se describen las técnicas utilizadas actualmente en la remoción del hierro y el manganeso.

8.2.1.3.1 Oxidación química o aeración seguida de filtración por arena o arena- antracita.

Generalmente, la remoción de hierro y manganeso se logra por oxidación de las formas solubles, Fe (II) y Mn (II) a formas insolubles {Fe (III), Mn (III, IV)} y separación de los precipitados por sedimentación y/o filtración. Los oxidantes precipitan el hierro y el manganeso en formas insolubles como el hidróxido férrico, Fe (OH)₃ y óxido de manganeso, MnO₂, que son retenidos en los filtros.

La oxidación y la formación de los precipitados proceden en un tanque donde el agua permanece en contacto con el oxidante adicionado durante 20 a 30 minutos. Para acelerar el proceso de oxidación en algunas ocasiones se requiere aumentar el pH de agua a un valor de 8.0 a 8.5 con hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, o hidróxido de sodio, NaOH .

Cuando la concentración de hierro y manganeso en el agua cruda es mayor de 10 mg/L, la filtración es precedida por sedimentación donde se separan gran parte de los óxidos/hidróxidos formados en el tanque de contacto. De esta manera se evita el “taponamiento” de los filtros por el exceso de precipitados lográndose largas carreras de filtración.

8.2.1.3.2 Remoción del hierro y manganeso en el tratamiento convencional de ablandamiento.

Esta técnica es factible de aplicación sólo para agua con alta dureza, donde la remoción de Fe y Mn es un efecto secundario. El proceso de ablandamiento del agua requiere elevar el pH de agua lo que acelera la oxidación de Fe (II) y el Mn (II) y su remoción por coprecipitación.

8.2.1.3.3 Intercambio iónico.

Este proceso, por lo general se aplica en la remoción de la dureza, utilizando resinas sintéticas de zeolitas operando a ciclo de sodio, Na^+ . La resina intercambia sus iones de Na^+ por los iones de Ca^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} presentes en el agua; como resultado de este proceso se aumenta la concentración de sodio en el agua producida.

8.2.1.3.4 Filtración por “Greensand”.

El material activo en el “greensand” es la glauconita, un mineral que contiene hierro y exhibe propiedades de intercambio iónico. La glauconita frecuentemente se encuentra mezclado con otros elementos, su color es verde de donde proviene su nombre “greensand”. Este mineral tiene capacidad de intercambiar electrones y oxidar el Fe (II) y el Mn (II) hasta sus formas insolubles. La remoción de hierro y manganeso se efectúa en el proceso de filtración de agua por el lecho de glauconita. La técnica es aplicable para concentraciones menores 5 mg/L y un pH de agua mayor de 6.8.

8.2.1.3.5 Control de hierro y manganeso “in situ”

La técnica, conocida como *Vyredox* fomenta el desarrollo de bacterias específicas en el acuífero alrededor de la fuente, que precipitan el Fe (II) y el Mn(II) por combinación simultánea de procesos físicos, químicos y biológico. De este modo se previene la migración de los contaminantes hacia el pozo.

8.2.2 MANTENIMIENTO EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para mantener condiciones de operatividad óptimas y obtener valores adecuados en la calidad del agua es necesario tener en cuenta ciertas recomendaciones que ayudan a mantener una constante eficiencia en los procesos de eliminación de hierro, magnesio y otros agentes que deterioran la planta de tratamiento de agua potable del municipio de clemencia.

Recomendaciones:

1. Es necesario cambiar el material filtrante (Antracita, Arena y Grava) anualmente.
2. Realizar limpieza de filtros según plan de mantenimiento.

PLAN DE TRABAJO				
TIPO ACTIVO :	PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUA: FILTROS	CODIGO PLAN DE TRABAJO :	PT_FILTROS_8H	
TIEMPO DE EJECUCION PROPUESTO:	3 H	TIPO DE EJECUCIÓN:	PROPIA	
OBJETO:	REALIZAR LIMPIEZA DE FILTROS DE AGUA, PARA EVITAR OBSTRUCCIÓN DE FLUJO, POR SATURACIÓN DE LOS MISMOS.			
ALCANCE:	APLICA PARA LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS UNA VES SE ALCANCE EL NIVEL QUE INDICA FILTROS OBSTRUIDOS O CADA 8 HORAS DE OPERACIÓN.			
RESPONSABLES:	EL JEFE DE MANTENIMIENTO ES RESPONSABLE DE GESTIONAR LOS RECURSOS E INSUMOS PARA EL BUEN DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.			
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS				
1. UTILICE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL QUE REQUIERA ESTA ACTIVIDAD. (GUANTES, GAFAS, IMPERMEABLE ETC...)				
2. CIERRE LA VALVULA DE FLUJO HACIA LA TORRE DE OXIGENACION Y HABRA LA VALVULA DE CONTRAFLUJO A LOS FILTROS, ACCIONE DE UNA EN UNA LAS VALVULAS DE RETRO-LAVADO POR 30min CADA UNA Ó HASTA RETIRAR TODOS LOS SEDIMENTOS EN EL FILTRO.				
3. CIERRE VALVULA DE CONTRA FLUJO Y ABRA VALVULA DE DRENAJE HASTA VACIAR EL TANQUE DE CAPTACION DE AGUAS PREVIO A LOS FILTROS.				
4. CIERRE VALVULA DE DRENAJE Y HABRA LA VALVULA DE FLUJO HACIA LA TORRE DE OXIGENACION.				
6. REALIZAR PRUEBAS FUNCIONALES.				
7. CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO. REPORTE DE RESULTADOS SE DEBE HACER EN LA ORDEN DE MANTENIMIENTO.				
DESCRIPCIÓN DE NORMAS SEGURIDAD PARA LA ACTIVIDAD				
RELACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS				
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	REPUESTOS / CONSUMIBLES	REFERENCIA	CANTIDAD
RELACIÓN DE PERSONAL (INDICAR ESPECIALIDAD Y CARGO)				
TECNICO				
AUXILIAR				

Figura 42. Plan de mantenimiento limpieza de filtros

Fuente: Autor

- Realizar limpieza de torre de aireación según plan de mantenimiento.

PLAN DE TRABAJO				
TIPO ACTIVO :	PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUA: TORRE DE OXIGENACION		CODIGO PLAN DE TRABAJO :	PT_TORRE
TIEMPO DE EJECUCION PROPUESTO:	8 H	TIPO DE EJECUCIÓN:	PROPIA	
OBJETO:	REALIZAR LAVADO DE TORRE DE OXIGENACION DE AGUAS SIN FILTRAR			
ALCANCE:	APLICA PARA LA TORRE DE OXIGENACION HECHA FIBRA DE VIDRIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTOS, ESTA DEBE REALIZARSE UNA VES POR SEMANA.			
RESPONSABLES:	EL JEFE DE MANTENIMIENTO ES RESPONSABLE DE GESTIONAR LOS RECURSOS E INSUMOS PARA EL BUEN DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.			
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS				
1. UTILICE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL QUE REQUIERA ESTA ACTIVIDAD. (GUANTES, GAFAS, IMPERMEABLE, TAPABOCAS)				
2. CIERRE LAS VALVULAS DE LOS TANQUES Y LAS DE ALIMENTACION DE LA PLANTA.				
3. EL PERSONAL ENCARGADO DE LA LIMPIEZA INICIA LAVADO CON CEPILLO Y DETERGENTES.				
4. REALIZE ENJUAGE CON AGUA LIMPIA Y HABRA LAS VALVULAS DE DRENAJE DEL TANQUE DE LA TORRE HASTA ELEMINAR LOS RESIDUOS DE DETERGENTE Y SUCIEDAD PRODUCTO DEL LAVADO.				
5. CIERRE VALVULAS DE DRENAJE Y ABRA LAS VALVULAS DE ALIMENTACION DE LA PLANTA.				
NOTA: SE REQUIEREN 06 PERSONAS PARA REALIZAR ESTA ACTIVIDAD. SE PUEDE REALIZAR EN SIMULTANEO CON LA LIMPIEZA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.				
6. CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO. REPORTE DE RESULTADOS SE DEBE HACER EN LA ORDEN DE MANTENIMIENTO.				
DESCRIPCIÓN DE NORMAS SEGURIDAD PARA LA ACTIVIDAD				
RELACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS				
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	REPUESTOS / CONSUMIBLES	REFERENCIA	CANTIDAD
CEPILLO	6	DETERGENTE		5 KILOS
ESCOBAS	6	COLORO		25 LITROS
RELACIÓN DE PERSONAL (INDICAR ESPECIALIDAD Y CARGO)				
TECNICO				
AUXILIAR				

Figura 43. Plan de mantenimiento torre de aireación

Fuente: Autor

- Realizar limpieza de tanques de almacenamiento de agua potable tratada según plan de mantenimiento.

PLAN DE TRABAJO				
TIPO ACTIVO :	PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO	CODIGO PLAN DE TRABAJO :	PT_TANQUES	
TIEMPO DE EJECUCION PROPUESTO:	8 H	TIPO DE EJECUCIÓN:	PROPIA	
OBJETO:	REALIZAR LAVADO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE 400 Y 300 METROS CUBICOS RESPECTIVAMENTE			
ALCANCE:	APLICA PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS FILTRADAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS, ESTA DEBE REALIZARSE UNA VES POR SEMANA.			
RESPONSABLES:	EL JEFE DE MANTENIMIENTO ES RESPONSABLE DE GESTIONAR LOS RECURSOS E INSUMOS PARA EL BUEN DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.			
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS				
1. UTILICE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL QUE REQUIERA ESTA ACTIVIDAD. (GUANTES, GAFAS, IMPERMEABLE, TAPABOCAS)				
2. CIERRE LAS VALVULAS DE LOS TANQUES Y LAS DE ALIMENTACION DE LA PLANTA. ESPERA QUE EL NIVEL DEL AGUA EN LOS TANQUES SEA INFERIOR A 80cm				
3. EL PERSONAL ENCARGADO DE LA LIMPIEZA INGRESA AL TANQUE HE INICIA LAVADO CON CEPILLO Y DETERGENTES. SE DEBE REALIZAR ROTACION DEL PERSONAL DE LIMPIEZA EN EL INTERIOR DEL TANQUE CADA 30 MINUTOS.				
4. REALIZE ENJUAGE DEL TANQUE CON AGUA LIMPIA Y HABRA LAS VALVULAS DE DRENAJE DE LOS TANQUES HASTA ELEMINAR LOS RESIDUOS DE DETERGENTE Y SUCIEDAD PRODUCTO DEL LAVADO.				
5. CIERRE VALVULAS DE DRENAJE Y DISTRIBUCION DE LOS TANQUES Y ABRA LAS VALVULAS DE ALIMENTACION DE LA PLANTA Y ESPERE QUE EL NIVEL DEL AGUA EN LOS TANQUES SEA EL INDICADO.				
NOTA: SE REQUIEREN 12 PERSONAS PARA REALIZAR ESTA ACTIVIDAD. SE PUEDE REALIZAR EN SIMULTANEO CON LA LIMPIEZA DE LA TORRE DE OXIGENACION.				
6. CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO. REPORTE DE RESULTADOS SE DEBE HACER EN LA ORDEN DE MANTENIMIENTO.				
DESCRIPCIÓN DE NORMAS SEGURIDAD PARA LA ACTIVIDAD				
RELACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS				
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	REPUESTOS / CONSUMIBLES	REFERENCIA	CANTIDAD
CEPILLO	6	DETERGENTE		5 KILOS
ESCOBAS	6	COLORO		25 LITROS
RELACIÓN DE PERSONAL (INDICAR ESPECIALIDAD Y CARGO)				
TECNICO				
AUXILIAR				

Figura 44. Plan de mantenimiento limpieza de tanques de almacenamiento

Fuente: Autor

- Es necesario realizar obras de mantenimiento de impermeabilización sobre las paredes de los tanques de los diferentes procesos de la planta de tratamiento de agua potable.

8.3 MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

8.3.1 Mejoramiento de las Estructuras de Concreto

Es importante aclarar que ciertas recomendaciones indicadas en este documento no hacen parte a la temática propia de la ingeniería mecánica sino a conocimientos de otras ingenierías específicas. Pero bajo la orientación y asesoría de un de un Ingeniero Civil pudimos investigar cuales eran las mejores técnicas o procesos que ayudarían a mejorar el estado físico de las estructuras de concreto de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Clemencia, la cual fue debilitada por la constante presencia de humedad, esfuerzos de trabajo de la estructura y agentes corrosivos del agua y el aire.

Al momento de realizar las reparaciones de saneamiento sobre las columnas que tengan concreto desprendido, sobre las estructuras que tengan los refuerzos a la vista y al momento de subsanar las grietas sobre las estructuras de concreto es primordial tener en cuenta que la permeabilidad del concreto a aplicar ya que es está la clave para la durabilidad de cualquier estructura de esta índole. Utilizar concretos con permeabilidad baja brinda ciertas ventajas como por ejemplo:

- ✓ Ritmo de carbonatación más lento. En concretos densos, el ritmo de carbonatación disminuye sustancialmente y puede detenerse totalmente a 10 ó 15 mm de la superficie. En cambio en concretos permeables el ritmo de carbonatación es más rápido, por la mayor superficie expuesta, y la penetración será incontrolada.
- ✓ El ingreso de agua será restringido y en un determinado medio ambiente, menor cantidad de agua penetrará y quedará retenida en la masa de concreto. En consecuencia dichos concretos tendrán menor conductividad eléctrica, y se privará al proceso eléctrico de uno de sus componentes esenciales: la humedad.
- ✓ La penetración de sales – cloruros y sulfatos – y soluciones ácidas será restringida y más lenta.
- ✓ Mayor resistencia a la compresión, a la tracción y mayor módulo de elasticidad.

Pero la permeabilidad tiene problemas por la cual se ve afectada gracias a factores relacionados con la selección y dosificación de los materiales y por factores relacionados con la obra, debido a esto es importante tener presente las siguientes recomendaciones:

1. Relación agua / cemento (A/C)

Existen experimentaciones realizadas que dieron a conocer influencias sobre la permeabilidad del concreto. En ensayos donde se reportaron, variando de la relación A/C de 0.26 a 0.75 donde permitió que la permeabilidad del agua a presión hidrostática aumento 4 veces, para la misma variación, la penetración de soluciones de cloruros y sulfuros aumento 10 veces.

Diversas normas ponen límites a la relación A/C. La norma técnica colombiana NSR-10 (Norma Sismo Resistente 2010) limita dicha relación para el concreto expuesto a diversas concentraciones de sulfatos, ver tabla 7. El código ACI 318-89 limita la relación agua / cemento máximo a 0.40 y estipula la resistencia mínima a la compresión en concreto expuesto a diversos tipos de agresividad. Así, para concretos expuestos a corrosión fija como resistencia mínima 330 kg/cm² con lo cual pretende fijar un nivel mínimo de protección alcalina, además de asegurar un contenido de cemento que permita la posibilidad de concretos densos.

Para reducir la relación agua / cemento, sin perder la trabajabilidad de la mezcla es conveniente el uso de aditivos reductores de agua.

2. Tipo de cemento

La composición química del cemento es un factor importante en la neutralización de los cloruros en el concreto. El aluminato tricálcico, C₃A, al reaccionar con dichas sales forma compuestos insolubles. Será por tanto, más ventajoso cuando se trata de resistencia a la corrosión galvánica, por agentes químicos, el empleo de cementos con mayor contenido de C₃A.

Para atender el problema de la reacción química, por sulfatos, será necesario emplear cementos resistentes a los sulfatos. El tipo de cemento recomendado dependerá de la concentración de sulfatos en el medio, suelo o agua, en el contacto con el concreto.

Los cementos de producción nacional que ofrecen protección contra el ataque de sulfatos son de la empresa Holcim Boyacá el cemento tipo II y el cemento tipo V. Estos se emplearán de acuerdo a las recomendaciones dadas en la tabla 24.

Exposición a sulfatos	Sulfatos soluble en agua, presente en el suelo como SO ₄ (*) % en peso	Sulfato en agua p.p.m.	Cemento tipo	Relación a/c máxima (*)	Contenido mínimo de cemento kg/m ³ (****)
Despreciable	0.0 – 0.1	0 – 150	(***)	(****)	275
Moderado (**)	0.1 – 0.2	150 – 1500	II	0.50	310
Severo	0.2 – 2.0	1500 – 10000	V	0.45	330
Muy severo	> 2.0	> 1000	V mas puzolana	0.45	370

Tabla 24. Concreto expuesto a soluciones de sulfatos

Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/03/patologia-de-las-cimentaciones/>

(*) Una relación agua cemento menor puede ser necesaria por razones de impermeabilidad, o por protección contra la corrosión de elementos metálicos embebidos, o por congelación y deshielo.

(**) Agua de mar

(***) Debe haberse comprobado que la puzolana es adecuada para mejorar la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos, cuando ella es empleada en concretos que contienen cemento Portland Tipo V.

(****) Para éste tipo de exposición no hay limitaciones

(*****) Recomendaciones de las normas Británicas.

Debido a que las concentraciones de sulfatos en el agua cruda del Municipio de Clemencia son alrededor de 156mg/l ó 156 p.p.m. es necesario usar cemento tipo II para todas las reparaciones o construcciones en la planta de tratamiento de agua ya que este es el que garantiza la permeabilidad sobre los sulfatos protegiendo así la estructura física del lugar.

3. Granulometría de los agregados

Es recomendable emplear agregados con granulometría continua, ya que permiten lograr concreto más densos.

4. Aditivos

En este tipo de estructuras que están sujetas a ambientes especialmente corrosivos, es recomendable el empleo de aditivos densificadores de la mezcla y aditivos que protejan los refuerzos.

Es el caso del concreto encontramos un aditivo como la microsilica que reduce sustancialmente la permeabilidad del concreto al ión – cloruro o de los concretos impregnados con látex, que reducen drásticamente su permeabilidad a líquidos.

Lo anterior ayuda a la protección del refuerzo pero también se recomienda un sistema de inhibición de la corrosión que inhiba la corrosión en múltiples niveles para una máxima protección. Las bases para este sistema pueden establecerse con el uso de ciertos aditivos comerciales que restringe el ingreso de los compuestos químicos que tiene efectos negativos y humedad y retarda el proceso de corrosión formando una película protectora en el acero de refuerzo.

En el empleo de aditivos en el concreto, como aceleradores u otros fines, debe tenerse especial cuidado de no incluir cloruros en la mezcla. Para el efecto deberá analizarse la composición química del aditivo propuesto y desechar en lo posible aquellos en cuya formulación haya cloruros.

5. Curado

Del curado del concreto dependerá no sólo el logro de la resistencia del concreto sino también la calidad de sus superficies, en gran medida su fisuración y su permeabilidad. Empresas fabricantes de cementos, tales como HOLCIM sostiene que si el concreto no es curado por la vía húmeda por lo menos 7 días, la permeabilidad crecerá en rangos razonables¹⁶.

El curado temprano y prolongado por vía húmeda es el más efectivo.

6. Aislamiento del concreto

Cuando la concentración de sulfatos o de soluciones ácidas es muy alta, es recomendable aislar las estructuras del medio agresivo, siempre que sea posible.

Dadas las condiciones de operatividad de la planta es recomendable asilar las estructuras los elementos estructurales más afectados por medio de emulsión asfáltica ha probado dar buenos resultados en el asilamiento de la humedad y el agua pero tiene desventaja en su acabado, poco agradable a la vista.

Las pinturas epóxicas también son una buena opción de aislamiento tal como la PintuCoat de Pintuco resistente derivados del petróleo, ácidos débiles, sales, álcalis, inmersión en agua dulce o salada¹⁷. Se convierte también en una muy buena opción ya que protege y decora las superficies.

¹⁶<http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html>

¹⁷ <http://www.pintuco.com/php/ampliaproducto.php?id=183>

En este aspecto se debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal por cuando los revestimientos tienen vida limitada. Siempre será mejor solución buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y muy baja permeabilidad.

8.3.2 Obras de refuerzo estructural sobre en la planta de tratamiento de agua potable

Debido al deterioramiento estructural sobre la base de soporte de la torre de aireación gracias a la acción corrosiva del agua, la humedad constante, los esfuerzos de tracción, los esfuerzos de compresión y no obstante la falta inversión y mantenimiento por parte del municipio. Amerita que la planta de tratamiento requiera acciones correctivas de manera inmediata. Por ende como medida de respuesta a estas condiciones de detrimento se recomienda obras civiles de refuerzo estructural para evitar la prolongación del debilitamiento que sufren las columnas de soporte.

Por tanto, es necesaria la instalación de cuatro vigas de refuerzo ancladas sobre las columnas de la base de la torre de aireación sobre la zona central de estas, ver figura, para dar refuerzo sobre la estructura. Es necesario que la construcción de las vigas se haga bajo las recomendaciones dadas anteriormente sobre la calidad del cemento para garantizar la durabilidad al entorno.



Figura 45. Refuerzo estructural recomendado

Fuente: Autor

8.3.3 Mantenimiento general de infraestructura física de la planta de tratamiento de agua potable.

La infraestructura física de la planta en general se encuentra en condiciones no muy favorables en el concepto de operatividad y seguridad física debido a que hasta los aspectos más simple del conjunto de la funcionalidad operativa del lugar se han abandonado por ende es necesario realizar obras puntuales las cuales aportan seguridad y eficiencia al proceso ejercido en la planta de tratamiento de agua potable.

A continuación se hace una descripción de las obras necesarias a ejecutar para obtener un buen funcionamiento sobre el lugar:

1. Obras de mantenimiento metalmecánico.

Es necesario ejecutar obras de mantenimiento metalmecánico sobre las escaleras de la planta debido a su alto grado de deterioramiento gracias a la corrosión.

- Escaleras de acceso a tanques de almacenamiento



Foto 51. Escalera de acceso a tanques de almacenamiento

Fuente: Autor

En la figura anterior observamos que es necesario realizar la instalación de unas nuevas escalas a partir de varillas de acero corrugado de 1/2 pulgada ancladas sobre las pared del tanque y luego aplicación de recubrimiento de superficie, pinturas Anticorrosiva Poli-Epóxica con posterior aplicación de un esmalte industrial para una mayor protección de estos elementos, para así garantizar su durabilidad y resistencia al tiempo y la corrosión.

Para estos casos es vital inspeccionar periódicamente los escalones, lo cual es posible realizarse cada vez que se lavan los tanques esto con el fin de realizar correcciones prontas para evitar el deterioramiento.

- Escaleras de acceso a tanques de procesos.



Foto 52. Escaleras de Acceso a tanques de proceso

Fuente: Autor

Sobre estas escaleras es necesario el cambio de las láminas de los escalones ya que se encuentran con pérdida de espesor debido a la corrosión y también porque son peligrosas para la seguridad física de todo el personal que transite por dicha zona.

Se recomienda la instalación de lámina de alfajor de 1/8", debido a su propiedad antideslizante, con la instalación de refuerzo en ángulo de 1/8"x1/2" en la cara inferior de la lámina, para evitar el pandeo de esta.

Es necesaria la aplicación de recubrimiento de pinturas Anticorrosiva Poli-Epóxica con posterior aplicación de un esmalte industrial sobre toda la estructura incluyendo las uniones soldadas, para la protección del medio corrosivo.

- Uniones soldadas de las barandas de seguridad



Foto 53. Unión soldada vallas de seguridad

Fuente: Autor

Como es evidente en la foto 53, es apropiado realizar obras de mantenimiento en las soldaduras de las uniones de las barandas, utilizando los procesos adecuados y personal calificado para eso, ya que estas proporcionan una seguridad vital contra accidentes sobre el personal de este lugar. Y es muy importante realizar revisiones periódicas sobre esta zona para garantizar la seguridad del lugar.

2. Obras de mantenimiento sobre la torre de aeración.

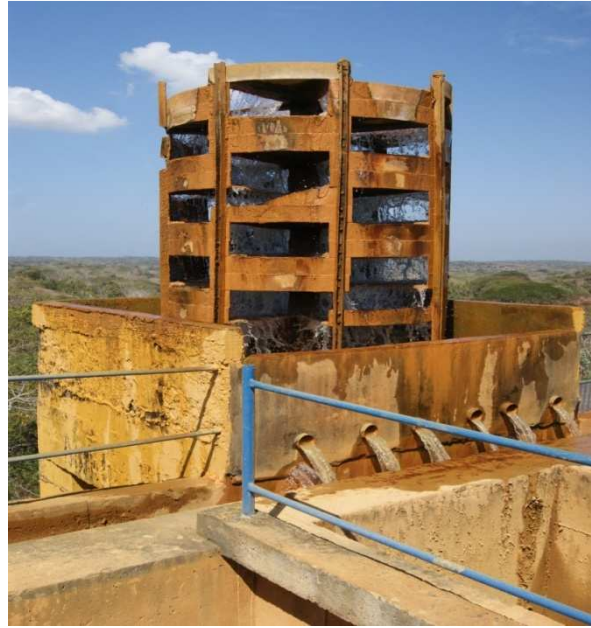


Foto 54. Torre de aireación

Fuente: Autor

Evidentemente la intervención sobre la torre de fibra de vidrio es necesaria en la cual se requiere el reforzamiento en las bandejas de aireación, reparación de las barreras de retención del agua, instalación de barreras de retención faltantes o cambio de las ya muy deterioradas, instalación de tornillería de acero inoxidable sobre los perfiles de soporte en fibra de vidrio (ver foto 55.) y cambio de perfiles deteriorados. Todo esto con el fin de optimizar el proceso de aeración como fase de la eliminación del exceso de hierro en el agua.

Además de lo dicho anteriormente es muy importante seguir el plan de mantenimiento periódico planteado anteriormente en el cual se garantiza la limpieza y la verificación del buen estado la torre.

También es muy importante pensar en la aplicación de nuevas tecnologías para las torres de aireación, tales como los Anillos de Pall – Ring, que aumentan las eficiencias en el proceso eliminación del exceso de hierro en el agua.



Foto 55. Perfil de soporte torre de aireación
Fuente: Autor

3. Obras de mantenimiento generales sobre la planta de tratamiento de agua.

 - Tuberías de Aireación de tanques de almacenamiento.



Foto 56. Tubería de aireación rota
Fuente: Autor

En este caso algunas de las tuberías de aireación de los tanques de almacenamiento se encuentran rotas, ver foto 56, esto produce efectos negativos sobre el agua potable ya tratada que se encuentra los tanques de almacenamiento debido a que se contamina con cualquier tipo de objetos extraños que entre por este lugar como por ejemplo: ingreso de animales, insectos, residuos sólidos, entre otros.

Por tanto, es importante mantener estos accesos y salidas de aire de una forma adecuada, ver foto 57, esto con el fin de prevenir la contaminación del agua tratada en su etapa de almacenamiento y garantizar el flujo de aire en los tanques.



Foto 57. Tubería de aireación adecuada

Fuente: Autor

- Tapas de acceso a tanques de almacenamiento.



Foto 58. Tapa de acceso a tanque en mal estado

Fuente: Autor

Es necesario que este tipo de acceso sea de sellado total para evitar la contaminación del agua. Se recomienda que las tapas se fabriquen en láminas de acero con su respectivo sistema de bisagras, no en concreto, debido a su fácil maniobrabilidad, resistencia y fácil mantenimiento, con la cual se garantizaría que no ingresen materiales contaminantes hacia el interior del tanque de almacenamiento.

- Pintura de la planta de tratamiento de agua potable.



Foto 59. Vista lateral Planta de tratamiento de agua potable

Fuente: Autor

Se recomienda la pintura periódica, anualmente, de toda la planta de tratamiento de agua potable para garantizar la durabilidad de todos los componentes que a esta la constituyan. Esta intervención se puede realizar por fases a lo largo del año iniciando por cualquiera de las zonas descritas, ver figura, para así no descuidar las labores ordinarias de la planta.

8.4 MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCURA HIDRÁULICA

Debido al deterioramiento hidráulico donde el caudal producido es de 21,023 L/s a diferencia de los índices de operación óptima de 26 L/s donde se puede apreciar una disminución del caudal alrededor de un casi veinte por ciento, con una pérdida de 4,977 L/s con el pasar del tiempo. En estas pérdidas se evidencia que los componentes del sistema hidráulico han sido afectados con el paso del tiempo, la falta de inversión y mantenimiento. Esto amerita que la planta de tratamiento requiera acciones correctivas.

Por tanto, es necesario el cambio total de los accesorios hidráulicos de toda la planta de tratamiento de agua tales como las válvulas, T, codos y el cambio de las tuberías corroídas con la vida útil ya caducada. Como por ejemplo es necesario el cambio de las válvulas y tuberías del proceso de retrolavado de filtros, ver foto 60.



Foto 60. Sistema Hidráulico de retrolavado de filtros

Fuente: Autor

Cambio de válvula de paso de agua y drenaje del sistema hidráulico de retrolavado, ver foto 61.



Foto 61. Válvulas de paso de agua y drenaje

Fuente: Autor

Cambio de la válvula del sistema de Bypass la cual no se encuentra en operación deshabilitada por avería y falta de mantenimiento.



Foto 62. Válvula de Bypass

Fuente: Autor

Estos son algunos cambios necesarios que se deben efectuar en el sistema hidráulico teniendo en cuenta que hay que cambiar todo el sistema de válvulas y accesorios corroídos de la planta para obtener mejoras en el flujo del agua elevando así el caudal donde la población será la más beneficiada.

Además de esto hay que realizar el mantenimiento periódico sobre estos elementos tales como la pintura de estos elementos, el cambio de empaques y retenedores de las válvulas según recomendaciones del proveedor y aplicación de aditivos anti-incrustantes para las tuberías y accesorios.

8.5 PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Se recomienda realizar los trabajos de recuperación de la planta con el fin de superar las condiciones desfavorables en la cual se encuentra, además esta inversión no solo garantizara la estabilidad física de esta si no que también se ayudara a la optimización de la misma con en la cual se espera obtener un aumento sobre la producción del caudal de trabajo.

ITEM	DESCRIPCION	UNI	CAN T.	VR. UNITAR	VR.TOTAL
1	Desmante de tubería de 4" existente en mal estado, para fabricación y montaje de la nueva tubería de 4" ubicada en el manífull de descarga. Desmante, montaje y suministro de 06 válvulas de 4" de 150 libras presión. Fabricación del emparrillado total donde están alojadas las válvulas.	GLOBAL	1	\$ 29.870.630	\$ 29.870.630
	Obra civil para la reparación, mantenimiento e impermeabilización de las fosas donde va ubicada la tubería de descarga.				
	Aplicación de 03 capas de pintura anticorrosiva intermedia y acabada a la tubería y emparrillado.				
2	Desmante, suministro, montaje, y fabricación de 02 tramos de tubería, codos de 10" que van desde la planta hacia el tanque de agua.	GLOBAL	1	\$ 17.254.833	\$ 17.254.833

	<p>Obra civil picar para extraer el material en mal estado, rutina manual mecánica, resanar e impermeabilizar los sitios afectados.</p> <p>Aplicación de 03 capas de pintura anticorrosiva, intermedia y acabado.</p>				
3	<p>Desmote, suministro y montaje de 01 válvula de 10" de alivio ubicada en el extremo derecho de la torre.</p> <p>Obra civil para la reparación del sitio donde va ubicada la válvula de alivio e instalar un tubo de 10" para el desagüe de la fosa donde está instalada la válvula, reparación de los muros, fabricación de tapa de la fosa, fabricación del control remoto de la nueva válvula, para abrir y cerrar.</p> <p>Aplicación de 03 capas de pintura anticorrosiva, intermedia y acabado.</p>	GLOBAL	1	\$ 24.955.890	\$ 24.955.890
4	<p>Mantenimiento y reparación de la torre aireación en fibra de vidrio, consistente en lavado, raspado rutina manual mecánica, medición de espesor, reparación de los sitios desgastado en fibra de vidrio, Cambio de soportaría. Aplicación de 03 capas de pintura especial para el manejo de agua potable de consumo humano</p> <p>Obra civil para realizar rutina manual mecánica, resanar, impermeabilizar los sitios afectados y aplicación de pintura a toda la torre.</p>	GLOBAL	1	\$ 53.985.610	\$ 53.985.610
5	<p>Obra civil para la reparación de las losas en los tanques decantación de lodo que se encuentran en mal estado, rutina mecánica manual, resano de los sitios afectados, e impermeabilización</p>	GLOBAL	1	\$ 20.875.231	\$ 20.875.231

6	Desmante, suministro y montaje de válvula de 10" que permite la entrada de agua cruda de los posos a la planta de tratamiento. Ubicada en el extremo izquierdo de la entrada de la planta	GLOBAL	1	\$ 28.910.312	\$ 28.910.312
	Obra civil para realizar el sitio donde va ubicada la válvula de entrada. Fabricación de muros, tapa y control remoto para abrir y cerrar la válvula				
	Aplicación de impermeabilizante y pintura.				
7	Desmante, suministro y montaje de 04 válvulas en mal estado de 4" ubicadas en la salida del tanque. Mantenimiento a la tubería, codos de este sistema.	GLOBAL	1	\$ 16.945.175	\$ 16.945.175
	Cambio de tubería en mal estado existente sanitaria en p.v.c, por tubería en p.v.c agua potable de 4"				
	Obra civil aplicación de rutina manual mecánica, resanar impermeabilizar y aplicación de 03 capas de pintura anticorrosiva, intermedia y acabado.				
8	Desmante, suministro y montaje de 02 válvulas de 10" de suministro de agua potable a la población.	GLOBAL	1	\$ 36.980.789	\$ 36.980.789
	Obra civil para la reparación de las fosas existente de las válvulas de suministro, fabricación de muros y tapas de los fosos, fabricación de 02 control remoto para las válvulas para abrir y cerrar.				
	Aplicación de 03 capas de pintura				
9	Desmante, suministro y montaje de 01 válvula de 10" para el baipás	GLOBAL	1	\$ 14.876.999	\$ 14.876.999
	Obra civil, mantenimiento a la fosa, rutina manual mecánica, resane, impermeabilización. Fabricación de control remoto para abrir y cerrar la válvula. Aplicación de 03 capas de pintura.				
10	Desmante, suministro y montaje de tubería en p.v.c existente en mal estado, para el desagüe del tanque.	GLOBAL	1	\$ 21.823.456	\$ 21.823.456
	Obra civil reparación, raquetero, e impermeabilización de paredes.				
	Aplicación de pintura a las paredes.				

11	Obra civil para la reparación de las columnas de la torre y del tanque de decantación, consistente en apuntalar con elementos mecánicos los tanques para reparar una a una las 08 columnas que están en mal estado.	GLOBAL	1	\$ 41.800.000	\$ 41.800.000
	Fabricación de vigas 04 de amarre de 0.4 x 0.4 m ts de 3500 psi mas acero de refuerzo FG, de 60000psi				
	Rutina manual mecánica a las paredes de los tanques, impermeabilización, aplicación de pintura a todas las paredes.				
12	Suministro de material filtrante en Planta de tratamiento de Clemencia-Bolívar en los siguientes materiales				
	a) Antracita de 0.9-1.10mm	M3	4	\$ 850.000	\$ 3.400.000
	b) Arena de 0.45-0.55mm	M3	2	\$ 750.000	\$ 1.500.000
	c) Grava malla de 1/8-10mm	M3	0,8	\$ 800.000	\$ 640.000
	d) Grava malla de 1/4-1/8"	M3	0,8	\$ 800.000	\$ 640.000
	e) Grava malla de 1/2-1/4"	M3	0,8	\$ 800.000	\$ 640.000
	f) Grava malla de 1-1/2"	M3	0,8	\$ 800.000	\$ 640.000
13	Transporte de Material Desde Planta Medellín a Planta de Tratamiento en Acueducto Clemencia-Bolívar.	Ton.	12	\$ 150.000	\$ 1.800.000
	Retiro del material sobrante de los filtros.	M3	40,0	\$ 40.000	\$ 1.600.000
15	Limpieza y desinfección de la estructura de los filtros.	GLOBAL	1,0	\$ 800.000	\$ 800.000
16	Instalación de marquillas para la señalización de los elementos (rutas de acceso, puntos de encuentro, etc.) y sistemas de la planta de agua de tratamiento de agua potable.	GLOBAL	1	\$ 4.200.000	\$ 4.200.000
				SUBTOTAL	\$ 324.778.925
				IVA 16%	\$ 51.964.628
				VALOR TOTAL PROPUESTA	\$ 376.743.553

Tabla 25. Presupuesto de mejoramiento planta tratamiento de agua potable del Municipio de Clemencia, Bolívar

Fuente: Autor

9. CONCLUSIONES

- Se evidencia falta de interés por la parte directiva o encargada del municipio lo cual es fundamental para que todas las propuestas y planes de mejoramiento se lleven a cabo, sin el apoyo de estas personas cualquier propuesta de mejoramiento por excelente que sea no tendría ningún impacto en la población, se hace un llamado a la directiva a tomar conciencia en beneficio de su comunidad y que los recursos destinados sean invertidos de manera correspondiente.
- Se elabora un plan de mantenimiento basado en lo que se percibió en el levantamiento de la planta, con el fin de evitar que la planta caiga en condiciones de abandono y mantenerla en condiciones operativas. Como guía para estas intervenciones se realizaron varios formatos, plan de trabajo, orden de mantenimiento y plan de mantenimiento. Estos documentos en conjunto con una persona encargada para llevar el control y garantizar que se ejecuten estos mantenimientos, serán los puntos de partida para mantener la planta funcionando eficientemente. Ver anexo 6.
- Es necesario que el proceso de potabilización del agua dentro de la planta deba ser mejorado. Parámetros como la turbiedad la presencia de coliformes fecales y el alto contenido de hierro (ver tabla 26), indican que la planta necesita implementar procesos para bajar ciertas medidas como lo indica la normatividad colombiana, plasmados en la resolución 2115 de 2007, donde se evalúa la aptitud del agua para el consumo humano, para así ofrecer a la población de clemencia condiciones óptimas del indispensable servicio.

Por tanto, se recomienda que esta materia sea abordada por personal profesional en el campo.

Parámetros	Un	Muestras agua cruda pozos Clemencia					Promedio	Valor máximo aceptable (mg/L) RESOLUCIÓN DE 2007	Cumple o no Cumple
		1	2	3	4	5			
PH	Un	6.86	6.64	6.55	6.5	6.6	6.63	6.5 - 9	Cumple
Color	Un	6	5	10	7	6.5	6.9	15	Cumple
Turbiedad	NTU	85	90	11	62	65	62.6	2	No cumple
Conductividad	microsiemens/cm	722	720	740	710	730	724.4	1000	Cumple
Alc. Total	mg/L CaCO ₃	95	85	114	94	98	97.2	200	Cumple
Acidez	mg/L CaCO ₃	5	5	6	4.5	5.2	5.14		Cumple
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	248	240	238	250	260	247.2	300	Cumple
Calcio	mg/L Ca	49	52	56	52	50	51.8	60	Cumple
Cloruros	mg/L Cl	68.4	68.8	68.8	67	69	68.4	250	Cumple
Sulfatos	mg/L SO ₄	156	113	143	142	150	140.56	250	Cumple
Hierro Total	mg/L Fe	4.4	2.4	2.4	3.1	3	3.06	0.3	No cumple
Coliformes Fecales	UFC/100 cm ³	10	1	1	51	10	14.6	0	Cumple

Tabla 26. Estudio de calidad de aguas tratada del acueducto Clemencia Bolívar

Fuente: ACUACOR S.A.S E.S.P

- Se recomienda sustituir las bombas actuales por dos bombas sumergibles tipo lapicero de 60 HP para cada pozo para así garantizar el transporte del agua hacia la planta de tratamiento en óptimas condiciones y disminuir los tiempos en el llenado de los tanques.
- Se recomienda que se siga utilizando bombas sumergibles tipo lapicero ya que son las más útiles para pozos profundos debido a su sencilla y económica instalación, no requiere caseta de bombas, trabaja silenciosamente, no existe peligro de contaminación y cuentan con una resistencia muy elevada a la corrosión.
- Al momento de la selección de las bombas se recomienda usar la curva del sistema de bombeo realizada en los cálculos de verificación en conjunto con las curvas de las bombas del fabricante.
- Se pudo verificar que la calidad del agua, según los estudios, es el principal agente de desgaste y deterioro de los componentes del lugar, aparte del tiempo y la falta de atención.
- Los componentes químicos que constituyen el agua tales como los sulfatos, el hierro, la dureza, entre otros son los principales agentes

corrosivos y de incrustaciones del conjunto de elementos del sistema hidráulico de la planta, al igual estos componentes químicos del agua contribuyen al deterioramiento de las estructuras de concreto a través del tiempo.

- Se recomienda el uso de aditivos o inhibidores de corrosión sobre el agua para protección de los elementos hidráulicos a través del tiempo.
- Uno de los problemas más importantes de la planta de tratamiento es su estado estructural físico, las columnas que soportan la integridad física de este lugar se encuentran en un estado peligrosamente deplorable. La erosión, el clima, la corrosión de los elementos de refuerzo, el agrietamiento del concreto debido a los esfuerzos estructural son la base de los principales inconvenientes que agobia la planta.
- La humedad constante sobre las estructuras de concreto es también uno de los problemas principales de deterioramiento por eso es importante al momento de realizar reparaciones o fabricaciones, utilizar cementos adecuados, utilizar elementos de calidad y seguir las recomendaciones de preparación para obtener concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad.
- No solo la planta de tratamiento de agua potable si no el sistema de acueducto en general amerita inversión y atención para obtener cambios significativos sobre el sistema.
- La disminución del recurso hídrico (pasar de 26 L/s a 21 L/s en caudal de producción) produce aumento del tiempo en el llenado de los tanques donde la población se ve afectada debido a que los tiempos de inicio de operación del acueducto se ven prolongados.
- Se recomienda instalar las válvulas recomendadas para asegurar un adecuado mantenimiento del sistema de aducción.
- Se recomienda seguir los planes de mantenimiento para garantizar el sostenimiento de la planta y para identificar los posibles daños, problemas o inconvenientes que se presente en cada intervención.
- Se le recomienda a la empresa operadora ACUACOR S.A.S E.S.P delimitación visible de las áreas de trabajo, rutas de acceso y rutas de evacuación esto como manera de apoyo en caso de emergencias.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS





- ✓ LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO, ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª EDICION, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- ✓ MATERON MUNOZ HERNAN, OBRAS HIDRÁULICAS RURALES, UNIVERSIDAD DEL VALLE. 1991.
- ✓ MATAIX CLAUDIO, MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS, OXFORD.
- ✓ PEREZ PARRA JORGE ARTURO, ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 1995.
- ✓ REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS 2000 – MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, 2000.
- ✓ SECRETARÍA GENERAL DE LOS ESTADOS AMERICANOS. CORROSIÓN, SERIE DE QUÍMICA MONOGRAFÍA NO 21. WASHINGTON, DC-1979.
- ✓ FLINN, RICHARD A, TROJAN, PAUL K. MATERIALES DE INGENIERÍA Y SUS APLICACIONES. ED. MC GRAW-HILL LATINOAMERICANA S.A. SANTAFÉ DE BOGOTÁ- COLOMBIA.
- ✓ LANE, RUSSELL W. CONTROL DE INCRUSTACIONES Y CORROSIÓN EN INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE EDIFICIOS. ED. MC GRAW-HILL MÉXICO, D.F 1995.
- ✓ CORROSIÓN. MARÍA TERESA CORTES M. / PABLO ORTIZ H.
- ✓ REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. VERGUINIA PETKOVA SIMEONOVA Y MINTCHO ILIEV MINTCHEV
- ✓ <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html>
- ✓ <http://civilgeeks.com/2011/12/03/patologia-de-las-cimentaciones/>
- ✓ http://www.miliarium.com/proyectos/estudioshidrogeologicos/anejos/corrosion_incrustaciones/Incrustaciones.htm
- ✓ <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/efectotiemporugostub/efectotiemporugostub.html>
- ✓ <http://www.data-red.com/cgi-bin/articulos/ver.pl?id=200982152310>
- ✓ <http://www.leonindustrial.com.ar>
- ✓ <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>

11. ANEXOS

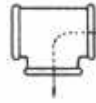



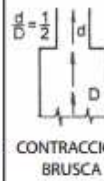


- 1 Plano General del sistema de acueducto del municipio de Clemencia
- 2 Plano Vista en Planta y Perfil de la planta de tratamiento.
- 3 Plano Línea Piezométrica de la Planta de tratamiento hacia el municipio.
- 4 Tabla de longitudes equivalentes para perdidas por accesorios.

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS

(LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIAMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales		 VALVULA ESCLUSA TOTALMENTE ABIERTA	 VALVULA GLOBO TOTALMENTE ABIERTA	 VALVULA ANGULO TOTALMENTE ABIERTA	 VALVULA DE RETENCION	 CODO NORMAL O TE DE 6 MM DE REDUCCION	 CURVA NORMAL O TE NORMAL	 TE NORMAL
mm	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,3	1
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11	5,49	3,66	1,07	0,7	2,32
38	1 1/2	0,3	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,8	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,5	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,7	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,7	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,4	20,74	4,88	3,36	10
203	8	1,37	68,02	36,6	-	6,1	4,27	13,12
254	10	1,77	85,4	42,7	-	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,8	-	9,76	6,1	20,74
356	14	2,44	115,9	58	-	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,2	67,1	-	12,81	8,24	26,84

UNA VALVULA DE PIE PUEDE SER DESPRECIADA SI SU SECCION DE PASAJE ESTA BIEN DIMENSIONADA

Diámetro nominal de los caños normales								
mm	Pulg.	TE NORMAL CON SALIDA LATERAL	CODO 45°	CODO 180°	ENSANCHAMIENTO BRUSCO	CONTRACCION BRUSCA	ENTRADA ORDINARIA	ENTRADA DE BORDA
12	1/2	1	0,24	1,09	0,3	0,18	0,27	0,49
19	3/4	1,37	0,3	1,52	0,45	0,24	0,4	0,61
25	1	1,74	0,4	1,83	0,52	0,3	0,46	0,76
32	1 1/4	2,32	0,51	2,53	0,7	0,4	0,61	1,04
38	1 1/2	2,74	0,61	3,05	0,82	0,45	0,73	1,22
51	2	3,66	0,76	3,96	1,07	0,58	0,91	1,52
63	2 1/2	4,27	0,92	4,58	1,28	0,67	1,1	1,83
76	3	5,18	1,16	5,49	1,59	0,85	1,37	2,38
102	4	6,71	1,52	7,32	2,14	1,16	1,83	3,26
127	5	8,24	1,92	9,46	2,74	1,43	2,29	4,12
152	6	10	2,29	11,28	3,36	1,77	2,74	4,7
203	8	13,12	3,05	15,55	4,27	2,29	3,96	6,07
254	10	16,16	3,96	18,6	5,18	3,05	4,58	7,47
305	12	20,74	4,58	22,57	6,1	3,66	5,49	9,09
356	14	23,79	5,18	25,92	7,32	3,96	6,1	10,64
406	16	26,84	5,8	30,5	8,24	4,58	7,02	12,2



Fuente: <http://www.leonindustrial.com.ar>

5 Tabla de rugosidades absolutas.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente:

<http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>

6 Plan de mantenimiento.

Lo que se busca con esto es estandarizar los procedimientos, los periodos, y tener una guía para la realización de los mantenimientos correspondientes a los distintos componentes de la planta de tratamientos.

Plan general de la planta:

PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL				
COMPONENTE	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL
TORRE DE AIREACION		X		
FILTROS	X			
TANQUES DE ALMACENAMIENTO		X		
VALVULAS			X	
TUBERIAS			X	
ESQUEMA DE PINTURA				X

Este plan general nos indica la actividad a realizar según el periodo de tiempo transcurrido, para la ejecución de esto se emite una orden de trabajo y se le entrega al técnico encargado con los elementos y el plan de trabajo correspondiente para dicha actividad. Una vez finalizado el técnico debe entregar ambos formatos diligenciados, estos formatos se archivan en la hoja de vida de la planta, de este modo se tiene un control de todas las intervenciones de mantenimiento realizadas a la planta. Se recomienda contratar

Para la torre de aireación, filtros y tanques el mantenimiento consiste en la realización de limpiezas periódicas según indica el plan, para las válvulas y tuberías el mantenimiento consiste en inspecciones visuales en busca de filtraciones y estado de componentes, de acuerdo a la inspección se procederá con el cambio de componentes en la medida que lo requiera.

Para el esquema de pintura este se plantea anualmente y depende de la condición de los componentes de la planta, se recomienda contratar este servicio ya que incluye también reparaciones de soldadura menores y esquema de pintura Epóxica resistente al habiente, la garantía de este trabajo debe ser mínimo un año.

PLAN DE TRABAJO				
TIPO ACTIVO :	PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUA: VALVULAS		CODIGO PLAN DE TRABAJO :	PT_VALVULAS
TIEMPO DE EJECUCION PROPUESTO:	4 H	TIPO DE EJECUCIÓN:	PROPIA	
OBJETO:	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVA A TODAS LAS VALVULAS DEL SISTEMA			
ALCANCE:	APLICA PARA LAS VALVULAS DEL SISTEMA EN GENERAL, ESTE DEBE REALIZARSE MENSUALMENTE			
RESPONSABLES:	EL JEFE DE MANTENIMIENTO ES RESPONSABLE DE GESTIONAR LOS RECURSOS E INSUMOS PARA EL BUEN DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.			
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS				
1. UTILICE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL QUE REQUIERA ESTA ACTIVIDAD. (GUANTES, GAFAS, IMPERMEABLE, TAPABOCAS)				
2. REALICE INSPECCION VISUAL EN BUSCA DE FILTRACIONES, DE NO ENCONTRAR FILTRACIONES, ABRA COMPLETAMENTE LA VÁLVULA Y APLIQUE LIBRICANTE PENETRANTE EN SUS COMPONENTES Y CIERRE COMPLETAMENTE LA VÁLVULA Y DEJE EN LA POSICION QUE CORRESPONDA.				
3. DE ENCONTRAR FUGAS EN EL NUMERAL ANTERIOR, VERIFIQUE EL AJUSTE DE LOS TORNILLOS DE FIJACION Y COMPONENTES, VERIFIQUE LOS SELLOS Y CAMBIE DE SER NECESARIO.				
NOTA: SE DEBE REALIZAR DESMONTE DE LA VÁLVULA ANUALMENTE Y REALIZAR INSPECCION I LIMPIEZA DE LOS COMPONENTES, CAMBIE DE SER NECESARIO.				
<h1>Página 1</h1>				
4. CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO. REPORTE DE RESULTADOS SE DEBE HACER EN LA ORDEN DE MANTENIMIENTO.				
DESCRIPCIÓN DE NORMAS SEGURIDAD PARA LA ACTIVIDAD				
RELACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS				
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	REPUESTOS / CONSUMIBLES	REFERENCIA	CANTIDAD
RELACIÓN DE PERSONAL (INDICAR ESPECIALIDAD Y CARGO)				
TECNICO				
AUXILIAR				

ORDEN DE MANTENIMIENTO						
TIPO DE SERVICIO		S: SISTEMÁTICO P: PROGRAMADO R: REACTIVO		CONSECUTIVO	<input type="text"/>	
EQUIPO/ACTIVO: _____		CODIGO: _____		FECHA: _____		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:						
PLAN DE TRABAJO _____			No. REQUISICIÓN _____			
INFORMACIÓN INICIAL						
HODÓMETRO: _____		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: _____		SECTOR: _____	DIGITADO / <input type="checkbox"/>	
TÉCNICO: _____		SUPERVISOR: _____				
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS						
1. VERIFICAR CONDICIONES DE SEGURIDAD		11. _____				
2. _____		12. _____				
3. _____		13. _____				
4. _____		14. _____				
5. _____		15. _____				
6. _____		16. _____				
7. _____		17. _____				
8. _____		18. REALIZAR PRUEBAS FUNCIONALES				
9. _____		19. ENTREGA DEL EQUIPO				
10. _____		20. CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO				
DESCRIPCIÓN DE NORMAS SEGURIDAD						
1. VERIFICAR LAS RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DE LA ACTIVIDAD. REMITASE AL PLAN DE TRABAJO.						
2. VERIFICAR LAS RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DE HSEQ, DOCUMENTO: _____						
RELACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS						
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	REPUESTOS / CONSUMIBLES		REFERENCIA	CANTIDAD	
RELACIÓN DE PERSONAL						
NOMBRE	CARGO		NOMBRE	CARGO		
DATOS DE CIERRE DE LA ORDEN DE TRABAJO						
REGISTRO DE TIEMPOS DE TRABAJO					ENTREGA	RECIBE
DÍA INICIO	HORA INICIO	DÍA TÉRMINO	HORA TÉRMINO	DURACIÓN (h)	No. EMPLEADOS	

Página 1