

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION**

“PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRACION RAPIDA”

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RAFAEL NAZARIO BENDEZU PARIONA

Lima- Perú

2008

INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	5
INTRODUCCION.....	7
CAPITULO I: CONSIDERACIONES GENERALES	
1.1 Descripción de situación actual de la planta de tratamiento de aguas superficiales.....	9
1.2 Generalidades-definiciones.....	10
1.3 Tipos de planta de tratamiento.....	14
1.3.1 Planta de tratamiento de filtración rápida.....	14
1.3.2 Planta de tratamiento de filtración lenta.....	15
1.4 Requisitos en proyectos de planta de tratamiento.....	16
CAPITULO II: FACTORES Y PROCESOS UNITARIOS EN DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	
2.1 Calidad de agua.....	18
2.2 Determinación del grado de tratamiento.....	20
2.3 Factores de diseño.....	21
2.4 Factores fisicoquímicos y microbiológicos.....	22
2.5 Unidades de tratamiento componentes de planta de tratamiento.....	22
2.5.1 Mezcla rápida.....	22
2.5.2 Floculador.....	24
2.5.3 Sedimentación-decantadores.....	26
2.5.4 Filtración.....	29
2.5.5 Desinfección-cloración.....	32
CAPITULO III: DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRACION RAPIDA	
3.1 Objetivos de planta de tratamiento de filtración rápida.....	36
3.2 Estudio de la calidad del agua.....	37
3.3 Grado de tratamiento del agua.....	37
3.4 Población futura.....	38

3.5	Caudal de diseño.....	39
3.6	Balance hídrico.....	41
3.7	Diseño-parámetros.....	41
3.8	Captación.....	42
3.9	Desarenador.....	42
3.10	Mezclador hidráulico (mezcla rápida).....	47
3.11	Unidades de dosificación de coagulantes.....	51
3.12	Floculador hidráulico de flujo horizontal.....	53
3.13	Sedimentador.....	57
3.14	Filtros rápidos con lechos mixtos.....	63
3.15	Sala de cloración.....	70
CONCLUSIONES.....		73
RECOMENDACIONES.....		75
BIBLIOGRAFIA.....		76
ANEXOS		
Anexo 01.- Cuadros de diseños de unidades de planta de tratamiento.....		78
Anexo 02.- Panel fotográfico situación actual.....		83
Anexo 03.- Normas vigentes: OS.020 "Planta de Tratamiento de Agua para consumo humano.....		87
Anexo 04.- Esquemas de planta de tratamiento proyectado.....		124

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 2.1 Clasificación de la fuente de agua cruda según calidad.
- Cuadro 2.2 Características bacteriológicas del agua potable.
- Cuadro 2.3 Características físicas del agua potable.
- Cuadro 2.4 Constituyentes químicos del agua potable.
- Cuadro 2.5 Criterios para seleccionar el grado de tratamiento en función de la calidad de la fuente.
- Cuadro 3.1 Análisis físico químico del agua.
- Cuadro 3.2 Estadística de población de la universidad nacional de educación.
- Cuadro 3.3 Demanda del servicio de agua potable proyectado en la universidad nacional de educación.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1 Situación actual de planta de tratamiento: captación desarenadores, floculadores, decantadores, filtros.
- Figura 2.1 Unidad hidráulica tipo rampa.
- Figura 2.2 Unidad hidráulica tipo canaleta parshall.
- Figura 2.3 Unidad hidráulica tipo vertedero.
- Figura 2.4 Unidad de pantallas.
- Figura 2.5 Decantador.
- Figura 2.6 Componentes de unidad tipo decantador estático
- Figura 2.7 Batería de filtros de tasa declinante.
- Figura 2.8 Filtros rápidos por gravedad
- Figura 2.9 Filtros rápidos por presión.
- Figura 3.1 Esquema hidráulico de mezcla rápida
- Figura 3.2 Esquema de dosificación de coagulantes

RESUMEN

El presente trabajo “Planta de Tratamiento de Filtración Rápida” corresponde al tomo N° 3 del Proyecto: “Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de la Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”.

La planta de tratamiento de aguas superficiales es una alternativa de solución así como con el pozo tubular de aguas subterráneas trabajando individual o en conjunto para contar con un sistema de abastecimiento que brinde cantidad y calidad de agua necesaria en la universidad nacional de educación “Enrique Guzmán Valle”.

Este tomo consta de tres capítulos, el primero corresponde a la descripción de la situación actual, definiciones y clasificación de plantas de tratamiento; el segundo capítulo describe los factores y procesos unitarios desde la calidad de agua del afluente y del efluente, grado de tratamiento y descripción de unidades de tratamiento de la planta.

En el tercer capítulo se realiza el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento, aplicando la norma OS.020 – “Planta de tratamiento de agua para consumo humano” correspondiente al Reglamento Nacional de Edificaciones así como las consideraciones de diseño y proyectos realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), estudio del agua, determinación del grado de tratamiento, selección de los procesos de tratamiento que se adecuen a la calidad de la fuente, distribución de las diversas unidades para que el resultado sea óptimo.

Se seleccionará los procesos a ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad reduciendo al mínimo la mecanización y automatización, verificando y tratando de mantener en lo posible las unidades existentes de la actual planta.

Los procesos correspondientes a la planta de tratamiento de filtración rápida completa en este caso son: sedimentación de partículas discretas, coagulación,

floculación, sedimentación de partículas flocúntas, filtración rápida completa y cloración.

Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para el agua cruda, se procederá al predimensionamiento de las alternativas, utilizando los parámetros de diseño específicos para la calidad de agua a tratar con aplicación de las normas y criterios de diseño, para la eliminación de partículas por medios físicos y químicos, se emplearán las siguientes unidades de tratamiento, desarenadores, tanques dosificadores, canal de mezcla rápida, floculadores, decantadores, filtros rápidos, caseta de cloración.

Finalmente se darán las conclusiones y se harán las recomendaciones respectivas.

INTRODUCCION

Actualmente la Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán Valle” cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable. Este se realiza con recursos hídricos superficial y subterráneo, la primera proveniente de una acequia, siendo su origen de captación la toma de los ríos Rímac y Santa Eulalia, estas aguas corren a lo largo de la parte alta del campus universitario, la segunda, proveniente de un pozo tubular, ubicado al ingreso principal de la ciudad universitaria.

Cuando la mayor parte de las partículas que se encuentran en el agua son de tipo coloidal o se encuentran en solución, se requiere de un tratamiento mediante filtración rápida para su remoción.

Las plantas de tratamiento de filtración rápida básicamente están constituidas por las unidades de: mezcla rápida, floculadores, decantadores y filtros. Dependiendo de las máximas turbiedades que se puedan alcanzar podría ser necesario también un presedimentador y de acuerdo a la concentración máxima de coliformes fecales, también un preclorador. En la medida en que el agua presente más parámetros problema, se añadirán los procesos para purificarla.

Dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas como meta de calidad del efluente de la planta, el ingeniero deberá elegir el tratamiento que tenga la mejor opción técnica – económica que nos permita definir los procesos, tipos, dimensiones que cumplan con los requisitos normativos, considerando los costos de inversión, operación y mantenimiento, todo ello enmarcado en el Sistema Nacional Inversión Pública.

El objetivo principal del proyecto responde a la necesidad de contar con un Sistema de agua potable eficiente que satisfaga la demanda actual y futura de la población universitaria, asegurando las condiciones sanitarias, que estas requieren para el desarrollo de sus actividades, minimizando costos que conlleva un abastecimiento mediante dos fuentes.

El objetivo específico es diseñar una planta de tratamiento de filtración rápida eficiente que cumpla con los requerimientos de demanda futura de agua para la ciudad universitaria, tanto en cantidad como calidad en un horizonte de proyecto de 10 años, para ello se predimensionan los procesos de tratamiento utilizando los parámetros de diseño específicos establecidos en la norma OS.020 - planta de tratamiento de agua para consumo humano.

Entre los **alcances** del presente informe “Planta de tratamiento de filtración rápida” es dar a conocer las consideraciones generales, requisitos, factores y diseño de los procesos de una planta de tratamiento con un caudal de diseño de 26.59 l/s, aplicado al Sistema de Abastecimiento de la universidad nacional de educación “Enrique Guzmán y Valle”.

Se hará el estudio de la calidad del agua cruda para la determinación del grado de tratamiento de la planta, asimismo se recopilara toda la información necesaria para determinar la población actual, para luego aplicando las dotaciones correspondientes al reglamento nacional de edificaciones determinar el caudal de diseño, se realizaran las visitas correspondientes de inspección, levantamiento topográfico de la zona, para ver el estado actual, ubicación y plantear la solución de la nueva planta de tratamiento que trabaje eficientemente.

En lo que respecta al diseño comprenderá los siguientes componentes o procesos unitarios:

- 1.- Captación o toma del canal de irrigación.
- 2.- Desarenadores o sedimentador rectangular de concreto armado.
- 3.- Tanques de solución y dosificadores de sulfato de alumina.
- 4.- Mezclador hidráulico tipo rampa, de concreto simple.
- 5.- Floculador hidráulico de flujo horizontal con pantallas verticales de muros de concreto y pantallas de fibrocemento (superboard)
- 6.- Sedimentador de partículas flocúntas de flujo horizontal con implementación de zona de acumulación y limpieza de lodos de concreto.
- 7.- Filtros rápidos completos de tasa declinante.
- 8.- Sala de cloración.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 DESCRIPCIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES

Actualmente la Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle” cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, el tomo N° 3 se enmarcará en el estudio de abastecimiento a través de los recursos superficiales provenientes de una acequia, siendo su fuente de captación los ríos Rímac y Santa Eulalia, las aguas de la acequia, corren a lo largo de la parte alta del campus universitario.

La planta de tratamiento de aguas superficiales consta de los siguientes componentes a los cuales se hará una breve descripción:

- Captación, el cual no cuenta con un dispositivo de medición de caudal de agua cruda que ingresa a la planta.
- 3 desarenadores de concreto armado, de forma rectangular de 2.45x2.00 x1.20 de profundidad, que reciben las aguas que provienen de la acequia, a través de una compuerta metálica pasan a un canal de derivación hasta los desarenadores, se observa la carencia de recubrimiento en las paredes internas.
- 1 floculador de forma rectangular, de 12.50x8.00 m; de flujo horizontal con pantallas verticales de concreto en donde se realiza el proceso de floculación, las pantallas de concreto se encuentran actualmente deterioradas, agrietadas, así como acumulación de material calcáreo en paredes internas debido a su antigüedad y falta de mantenimiento, asimismo no cuenta con estructura de limpieza de sedimentos que se proyectó inicialmente.
- 2 decantadores, donde sedimentan las partículas sólidas microscópicas, llegando el agua a una cisterna de 48 m³, donde evidencian paredes internas agrietadas y acumulación de material calcáreo. La zona de

canaletas de ingreso y salida del decantador se encuentran en mal estado.

- Filtros rápidos, al cual llegan las aguas a partir del tanque de 48 m³ por medio de 2 electro bombas que funcionan alternadamente (6 horas cada una), el agua es impulsadas a 5 filtros rápidos (capacidad: 1 m³/cada una), para llegar a un reservorio de 520 m³., ubicado a 11 metros de la cisterna. El caudal de bombeo es de 20 l/s y la potencia de electro bombas de 2HP. Se observa el material filtrante deteriorado. Se evidencian las válvulas de control, manómetros y material en mal estado.
- Existe un sistema de desinfección que se usa inyectando solución de cloro liquido a la tubería de impulsión de la cisterna, esta se realiza antes de que el agua ingrese a los filtros. La desinfección se realiza con hipoclorito de sodio, se evidencia manguera de ingreso y salida en mal estado, las perillas de control deterioradas.



FIG. 1.1.- SITUACION ACTUAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO: CAPTACION DESARENADORES, FLOCULADORES, DECANTADORES, FILTROS.

1.2 GENERALIDADES - DEFINICIONES

Definiciones importantes a ser aplicados en el presente trabajo:

AFLUENTE

Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

BOLAS DE LODO

Resultado final de la aglomeración de granos de arena y lodo en un lecho filtrante, como consecuencia de un lavado defectuoso o insuficiente.

CAJA DE FILTRO

Estructura dentro del cual se emplaza la capa soporte y el medio filtrante, el sistema de drenaje, el sistema colector del agua de lavado, etc.

CARRERA DE FILTRO

Intervalo entre dos lavados consecutivos de un filtro, siempre que la filtración sea continúa en dicho intervalo. Generalmente se expresa en horas.

COAGULACION

Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas (las sustancias humitas y algunos microorganismos presentan una carga negativa en el agua, lo cual impide la aproximación de las mismas) presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para favorecer la formación de floculos, mediante aglomeración de mayor tamaño y peso en el floculador.

La sustancia química coagulante (sales de aluminio o sales de fierro) debe ser agregada a la masa de agua en turbulencia para que se produzca una mezcla instantánea y uniforme.

COLMATACION DEL FILTRO

Efecto producido por la acción de las partículas finas que llenan los intersticios del medio filtrante de un filtro o también por crecimiento biológico que retarda el paso normal del agua.

EFLUENTE

Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso.

FILTRACION

Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal mas fina, que no alcanzó a ser removida, en los procesos anteriores.

Consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, normalmente de arena, en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (aguas mas partículas) y del medio poroso.

En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

FLOCULACION

Formación de partículas aglutinadas o floculos. Proceso inmediato a la coagulación.

El floculador es una estructura diseñada para crear las condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener floculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generen en el lecho filtrante.

FLOCULOS

Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante.

MEZCLA RAPIDA

Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

PANTALLAS (BAFFLES O PLACAS)

Paredes o muros que se instalan en un tanque de floculación o sedimentación para dirigir el sentido de flujo, evitar la formación de cortocircuitos hidráulicos y espacios muertos.

PARTICULAS DISCRETAS

Partículas en suspensión que al sedimentar no cambian de forma, tamaño ni peso.

PARTICULAS FLOCULENTAS

Partículas en suspensión que al descender en la masa de agua, se adhieren o aglutinan entre si y cambian de tamaño, forma y peso específico.

SEDIMENTACION

Proceso de remoción de partículas discretas o flocúntas por acción de la fuerza de gravedad. Este proceso se realiza en los desarenadores, sedimentadotes y decantadores, en estos últimos con el auxilio de la coagulación.

TASA DE APLICACIÓN SUPERFICIAL

Caudal de agua aplicado por unidad de superficie.

TASA CONSTANTE DE FILTRACION

Condición de operación de un filtro en la que se obliga a este a operar a un mismo caudal a pesar de la reducción de la capacidad del filtro por efecto de la colmatación.

TASA DECLINANTE DE FILTRACION

Condición de operación de un filtro en que la velocidad de filtración decrece a medida que se colmata el filtro.

TRATAMIENTO DE AGUA

Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

TURBIEDAD

Originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra, etc.) los sistemas coloidales se encuentran suspendidos y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro, las unidades son por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

1.3 TIPOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Una Planta de Tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

Las Plantas de Tratamiento de agua se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de proceso que las conforman:

1.3.1 Planta de Tratamiento de Filtración Rápida

Las plantas de este tipo están básicamente constituidas por las unidades de mezcla rápida, floculadores, decantadores y filtros.

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan a velocidades altas, entre **75 y 200 $m^3/(m^2 \cdot dia)$** , de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones.

Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presenta 2 soluciones dentro de este tipo de plantas: planta de filtración rápida completa y planta de filtración directa.

Planta de filtración rápida completa

Una planta de filtración rápida completa normalmente esta integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en 2 etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua

(mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (etapa de floculación).

La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas).

El filtro debe producir un efluente con turbiedad menor o igual a 0.10 UNT (Unidades nefelométricas de turbidez), para lograr esta eficiencia en la filtración es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo.

Planta de filtración rápida directa

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras.

Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses, represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

1.3.2 Planta de Tratamiento de Filtración Lenta

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 2 y 8 $m^3/(m^2 \cdot dia)$; esto es; con tasas 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en filtros rápidos.

Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas, etc.

Una Planta de filtración lenta puede estar constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua, puede comprender los procesos de desarenado, presedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtraciones grava y filtración lenta.

1.4 REQUISITOS EN PROYECTOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Se establece las condiciones que se debe exigir en la elaboración de proyectos de planta de tratamiento:

a) Tratamiento

Deberán someterse a tratamiento las aguas destinadas al consumo humano que no cumplan con los requisitos del agua potable establecidos en las normas nacionales de calidad del agua.

En el tratamiento de agua no se podrá emplear sustancias capaces de producir un efluente con efectos adversos para la salud.

b) Calidad de Agua Potable

Las aguas tratadas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las normas nacionales de calidad de agua vigentes en el país.

c) Ubicación

- La planta debe estar localizada en un punto de fácil acceso en cualquier época del año.
- Deberá elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima de I nivel de máxima creciente del curso del agua
- Debe tener una buena vía de acceso, para la factibilidad de construcción
- Facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica.
- Debe ser un terreno con un buen tipo de suelo, esto con la finalidad de prevenir los problemas de cimentación y construcción.
- Las descargas de aguas residuales de los procesos de tratamiento (agua de limpieza de las unidades, agua de lavado de filtros) de la planta, deberá considerarse en el proyecto, bajo cualquier condición de nivel de crecida.

d) Capacidad

La capacidad de la planta debe ser la suficiente para satisfacer el gasto del día máximo consumo correspondiente al periodo de diseño adoptado.

En los proyectos deberá considerarse una capacidad adicional que no exceda el **5%** para compensar gastos de agua de lavado de los filtros, pérdidas en la remoción de lodos, etc.

e) Área

El área mínima reservada para la planta debe ser la necesaria para permitir su emplazamiento, ampliaciones futuras y la construcción de todas las obras indispensables para su funcionamiento, tales como estaciones de bombeo, casa de fuerza, reservorios, áreas de almacenamiento, descarga y maniobra de vehículos.

Toda el área de la planta deberá estar cercada para impedir el acceso de las personas extrañas.

CAPITULO II

FACTORES Y PROCESOS UNITARIOS EN DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

2.1 CALIDAD DE AGUA

Para seleccionar la alternativa que mas se adecuada a la calidad de la fuente, es necesario estudiar las variaciones de los principales parámetros de calidad de agua, tanto “cruda” como el producto final, “agua tratada” durante por lo menos un año. Para efectuar este análisis, se recomienda elaborar histogramas de turbiedad, color y coliformes fecales.

Aguas crudas

El agua absolutamente pura no se encuentra en la naturaleza, siempre contiene sustancias en solución y en suspensión, dependiendo tanto de su origen, como de las características del medio en el cual se encuentra.

En el cuadro N° 2.1 se indica la clasificación tentativa de aguas crudas para potabilización.

CUADRO N° 2.1 –CLASIFICACION DE LA FUENTE DE AGUA CRUDA SEGÚN CALIDAD

CONTAMINANTE O DESINFECTANTE	UNIDAD	EXCELENTE Requiere solamente desinfección como tratamiento	BUENA Requiere tratamiento usual tal como filtración y desinfección	DEFICIENTE Requiere tratamiento especial o adicional y desinfección
DBO (5dia) Promedio mensual	mg/l	0.75-1.50	1.5-2.5	>2.50
COLIFORMES Prom. Mensual	NMP/100 ml	50-100	100 - 5000	>25,000
OXIGENO DISUELTO Promedio mensual	mg/l	4.0-7.5	4.0-6.5	4
PH Promedio		6.0-8.5	5.0-9.0	<3.8 y >9.0
CLORUROS (máximo)	mg/l	<=50	50-250	>2.50
FLUORUROS	mg/l	<1.5	1.5-3.0	>3.0
COMPUESTOS FENOLITICOS (máximo)	mg/l	Ínfimo	<=0.005	>0.005
COLOR	Und.	0-20	20-150	>150
TURBIEDAD	Und.	0.1	10-250	>250

FUENTE – BIBLIOGRAFIA-15

Agua Potable

Se conoce con este nombre al agua que ha sido tratada con el objetivo de hacerla apta para el consumo humano, teniendo en cuenta todos sus usos domésticos.

Algunas especies biológicas, físicas y químicas pueden afectar la aceptabilidad del agua para consumo humano.

Por ejemplo:

Características físicas: turbiedad, olor, color y sabor, espuma.

Constituyentes químicas: acidez, alcalinidad, aceites, compuestos, orgánicos e inorgánicos en general.

CUADRO N° 2.2 –CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS DEL AGUA POTABLE

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS
1) Agua desinfectada No debe tener gérmenes coliformes en ninguna muestra de 100 ml.
2) Agua sin desinfectar Puede tolerarse hasta 3 gérmenes en algunas muestras de 100 ml., siempre que las pruebas sean frecuentes y que tanto la zona de captación como las condiciones de deposito sean satisfactorias

FUENTE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD

CUADRO N° 2.3 –CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA POTABLE

CARACTERISTICAS FISICAS		
CARACTERISTICAS	LIMITE RECOMENDADO	LIMITE ACEPTABLE
Color, Unidades	5	20
Olor	Ninguno	Ninguno
Sabor	No objetable	
Turbiedad, unidades	5	25

FUENTE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD

CUADRO Nº 2.4 –CONSTITUYENTES QUIMICOS DEL AGUA POTABLE

CONSTITUYENTES QUIMICOS			
SUSTANCIA ppm (mg/l)	LIMITE RECOMENDADO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE TOLERABLE
Sulfato de Alkyl Benceno	0.2	1.0	
Arsénico (As)			0.05
Cadmio (Cd)			0.01
Calcio (Ca)	75	200	
Cloruro (Cl)	200	600	
Cobre (Cu)	0.05	1.5	
Cianuro (Cn)			0.05
Fluor (F)		0.8-1.7	
Dureza como (CaCO ₃)	100	500	
Concentración de iones H(pH)	7.0-8.5	6.5-9.2	
Hierro (Fe)	0.1	1.0	
Plomo (Pb)			0.1
Magnesio (Mg)	30-150	150	
Magnesio + Sulfato de Sodio	30	150	
Manganeso (Mn)	0.05	0.5	
Nitrato		45	
Compuestos Fenolicos como Fenol	0.001	0.002	
Selenio (Se)			0.01
Sulfato (SO ₄ ⁻)	200	400	
Zinc (Zn)	5	15	

FUENTE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD

2.2 DETERMINACION DEL GRADO DE TRATAMIENTO

Se debe tener un registro completo del comportamiento de la calidad del agua cruda para proceder a la determinación del grado de tratamiento.

Para el análisis de las características del agua cruda se deberán tomar en cuenta los siguientes factores:

- Estudio de la cuenca en el punto considerado, con la apreciación de los usos industriales y agrícolas que puedan afectar la cantidad o calidad del agua.

- Usos previstos de la cuenca en el futuro, de acuerdo a regulaciones de la entidad competente.
- Régimen del curso del agua en diferentes periodos del año.
- Aporte de la cuenca e importancia de los mismos, que permitan realizar un balance hídrico.

El cuadro 2.5, está indicando las recomendaciones a seguir en cuanto al número de procesos involucrados, de acuerdo a la calidad de la fuente.

CUADRO 2.5 - CRITERIOS PARA SELECCIONAR EL GRADO DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE LA FUENTE

ALTERNATIVAS	90% DEL TIEMPO	80% DEL TIEMPO	ESPORADICAMENTE
Filtración rápida completa: mezcla rápida, floculación, decantación y filtración rápida	$T_o < 1,000$ UNT $C_o < 150$ UC C.F. < 600/100ml	$T_o < 300$ UNT $C_o < 70$ UC	Si $T_{o \text{ máx.}} > 15,000$ UNT, añadir Presedimentador. Si C.F. > 600/100 ml, añadir Precloración
Filtración directa descendente: mezcla rápida y filtración descendente	$T_o < 30$ UNT $C_o < 40$ UC Algas < 100 mg/m ³ C.F. < 500/100ml	$T_o < 20$ UNT	$T_{o \text{ máx.}} < 50$ UNT
Filtración directa ascendente: mezcla rápida y filtración ascendente	$T_o < 100$ UNT $C_o < 60$ UC	$T_o < 50$ UNT	$T_{o \text{ máx.}} < 200$ UNT $C_{o \text{ máx.}} < 100$ UC
Filtración directa ascendente-descendente	$T_o < 250$ UNT $C_o < 60$ UC	$T_o < 50$ UNT	$T_{o \text{ máx.}} < 400$ UNT $C_{o \text{ máx.}} < 100$ UC

(T_o = turbiedad del agua cruda, C_o = color en el agua cruda, C.F. = coliformes fecales)

FUENTE – BIBLIOGRAFIA-15

2.3 FACTORES DE DISEÑO

La elección del emplazamiento de toma y planta, además de los ya considerados respecto a la calidad y cantidad del agua, también se tomaran en cuenta los siguientes factores:

- Estudio de suelos
- Topografía de áreas de emplazamiento
- Facilidades de acceso
- Disponibilidad de energía
- Facilidades de tratamiento y disposición final de aguas de lavado y todos los producidos en la planta.

2.4 FACTORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

- a) Turbiedad
- b) Color
- c) Alcalinidad
- d) PH
- e) Dureza
- f) Coliformes Totales
- g) Coliformes Fecales
- h) Sulfatos
- i) Nitratos
- j) Nitritos
- k) Metales Pesados
- l) otros que se identifican en el levantamiento sanitario

2.5 UNIDADES DE TRATAMIENTO COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO

2.5.1 Mezcla Rápida

Mecanismo por el cual se establece el tiempo, gradiente de velocidad de mezcla y forma de obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo mas homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación.

La coagulación es el proceso más importante en la planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema.

La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida. En la unidad de mezcla la aplicación del coagulante debe ser constante y distribuirse de manera uniforme en toda la sección. Debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la mas de agua se de en forma instantánea.

La correcta ubicación del resalto depende de que se empalmen adecuadamente los niveles del final del resalto, con el nivel máximo de operación del floculador.

Unidades Hidráulicas

Entre los mezcladores de este tipo se pueden citar

- Canales con cambio de pendiente o rampas.
- Canaleta Parshall.
- Vertederos rectangulares y triangulares.



FIG. 2.1.- UND HIDRÁULICA TIPO RAMPA



FIG. 2.2.- UND HIDRÁULICA TIPO CANALETA PARSHALL



FIG. 2.3.- UNIDAD HIDRÁULICA TIPO VERTEDERO

En los mezcladores la turbulencia que ocasiona la mezcla es producida por la generación de un resalto hidráulico que causa un gradiente de velocidad de alrededor de $1,000 \text{ S}^{-1}$. Estas unidades tienen la ventaja de que, además, involucran la medición del caudal de ingreso a la planta.

Las unidades de resalto hidráulico son adecuadas para todo tipo de aguas; es decir; tanto para las que coagulan por el mecanismo de absorción o neutralización de carga como para las de barrido.

La canaleta Parshall es adecuada exclusivamente para las plantas de mediana a grandes (Q mayor o igual a 500 l/s).

El canal con cambio de pendiente se adecua a cualquier rango de caudal, y los vertederos rectangulares son recomendables para caudales menores a 100 l/s, y los triangulares para caudales menores a 50 l/s.

Canales con cambio de pendiente o rampas

Se hará una descripción de la unidad hidráulica constituida por canales con cambio de pendiente o rampas, que es el proceso a aplicar en nuestra planta.

El resalto se produce introduciendo un cambio de pendiente en el canal de ingreso al sistema de tratamiento.

El agua resbala por la rampa, generándose el resalto hidráulico en la base de la misma, punto en el que se deberá aplicar el coagulante. El ingreso a la unidad de floculación deberá ubicarse al final del resalto, cuya longitud es posible determinar matemáticamente.

La correcta ubicación del resalto depende de que se empalmen adecuadamente los niveles del final del resalto, con el máximo de operación del floculador.

2.5.2 Floculador

El Objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los floculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y floculos salga de la unidad. La energía que produzca la agitación de agua puede ser de origen hidráulico o mecánico.

Entre los floculadores mas conocidos se pueden citar, en primer lugar, las unidades de pantalla de flujo horizontal y vertical, las de medio porosos, la de tipo alabama y cox y los floculadores de mallas.

Unidades de Pantallas

Pueden ser de Flujo Horizontal, apropiado para sistemas de menos de 50 lt/s de capacidad, en sistemas de capacidad mayor a 100 l/s se deberá usar unidades de Flujo Vertical.

Las unidades de pantalla son las mas eficientes y económicas de todos los floculadores actualmente en uso. Debido a la gran cantidad de compartimentos que tienen, confinan casi perfectamente el tiempo de retención; el tiempo real es prácticamente igual al tiempo teórico cuando la unidad ha sido bien proyectada.

Debido a que no se requiere de energía eléctrica para su funcionamiento, el costo de producción es bajo.

Los canales pueden estar conformados por muros o tabiques de concreto, o bien por pantallas de asbesto cemento o madera machihembrada.

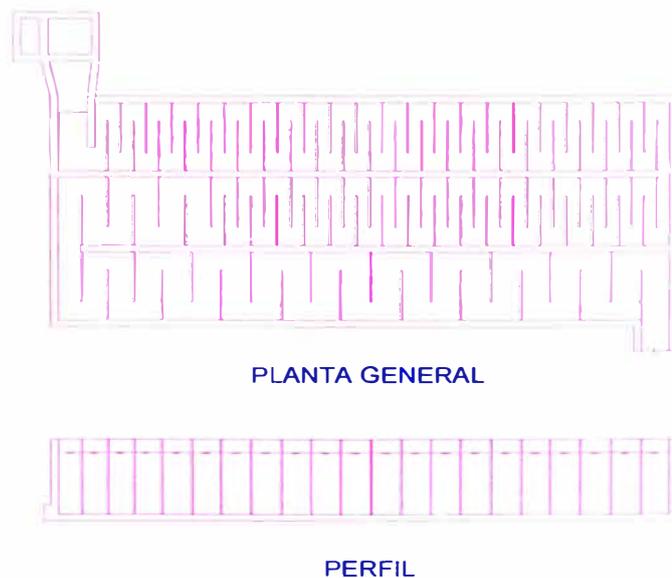


FIG. 2.4.- UNIDADES DE PANTALLAS

Unidades de Flujo Horizontal

Apropiado para sistemas de menos de 50 lt/s de capacidad, una unidad muy simple de construir y operar, es muy eficiente. Cuando esta bien diseñada, el

tiempo de retención teórico y el normal son prácticamente iguales, anulándose la posibilidad de formación de espacios muertos y cortocircuitos.

Su funcionamiento es totalmente hidráulico, por lo que la operación es muy confiable y económica al no requerir de energía eléctrica.

Crterios básicos

- Solución recomendable para plantas medianas o pequeñas, recomendables para caudales menores de 50 l/s.
- Se proyectara un mínimo de 02 unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.
- En este tipo de unidades predomina el flujo de pistón, por lo que se consigue un buen ajuste el tiempo de retención.
- Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto cemento u otro material de bajo costo, disponible en el medio y que no constituya riesgo de contaminación.
- Entre los materiales indicados para las pantallas, los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, los tabiques de concreto prefabricados y la madera.
- Se pueden usar también pantallas de asbesto-cemento, siempre y cuando no se tengan aguas acidas o agresivas.

2.5.3 Sedimentación-Decantadores

Proceso de remoción de partículas discretas en suspensión presentes en el agua, por acción de la fuerza de gravedad. Este proceso se realiza en los desarenadores, sedimentadores y decantadores, en estos últimos con el auxilio de la coagulación, que forman partículas con un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideran como

complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana al agua o que han sido suspendidas y por lo tanto no pudieron ser removidas en los procesos anteriores.

Decantadores

Se entiende por decantación la sedimentación de partículas flocúntas, formadas por la aglomeración de partículas discretas en suspensión, mediante la acción de una sustancia química con propiedades coagulantes.



FIG. 2.5 DECANTADOR

Tipos de unidades

Decantadores estáticos, de flujo horizontal, de flujo vertical, de flujo radial.

La forma de estos decantadores normalmente es rectangular aunque también los hay circulares y cuadrados. Disponen normalmente de una zona de entrada por medio de una pantalla o cortina perforada, una zona de salida por medio de canaletas colectoras, una zona de depósito de lodos con fondo inclinado y una zona de decantación que tiene una profundidad de 2 a 4 metros. El fondo es inclinado hacia el centro de la unidad, donde se ubica un sumidero para la recolección de lodos, la remoción de los mismos puede hacerse en forma intermitente o continua.

Se usa el sistema de remoción intermitente de lodos en pequeñas instalaciones o cuando se trata un agua relativamente clara. Es necesario vaciar el tanque

cada cierto tiempo y extraer los lodos manualmente, con la ayuda de mangueras de agua a presión. Usualmente, los sedimentos se compactan y transforman en una masa pastosa que resbala muy difícilmente; se requieren pendientes de 45° a 60° en el fondo de los tanques. El tamaño de la zona de lodos dependerá del periodo de funcionamiento del sedimentador y de la cantidad de lodos producidos.

Decantadores dinámicos o de manto de lodos, se requiere una alta concentración de partículas para incrementar las posibilidades de contacto en un manto de lodos que tiene una concentración de partículas de 10 a 20% en volumen.

En el proceso, el floculo no conserva su peso específico, su tamaño ni su forma constante. Las partículas pequeñas que entran por el fondo son arrastradas por el flujo. Al chocar estas con otras, incrementan su tamaño.

Se entiende que en la zona del manto de lodos se promueve la floculación y en la parte superior a ella ocurre la decantación.

Decantadores laminares, son unidades poco profundas, con una zona de decantación formada por una serie de módulos tubulares de sección circular, cuadrada, octogonal o hexagonal, o secciones de láminas paralelas, ya sean planas u onduladas, entre las cuales circula el agua con flujo laminar.

Estas unidades deben tener una estructura de entrada que distribuya uniformemente el caudal a lo largo de toda la zona de decantación, una zona de decantación compuesta por módulos de placas o tubulares, una estructura de salida del agua decantada, la zona de depósito de lodos y el sistema de extracción de lodos.

Componentes de una unidad de Flujo Horizontal

La unidad de sedimentación consta de las siguientes zonas, con diferentes funciones específicas:

- Estructura de Entrada y distribución de agua.
- Zona de sedimentación propiamente dicha.

- Estructura de salida o recolección de agua sedimentada.
- Zona de acumulación y extracción de lodo.

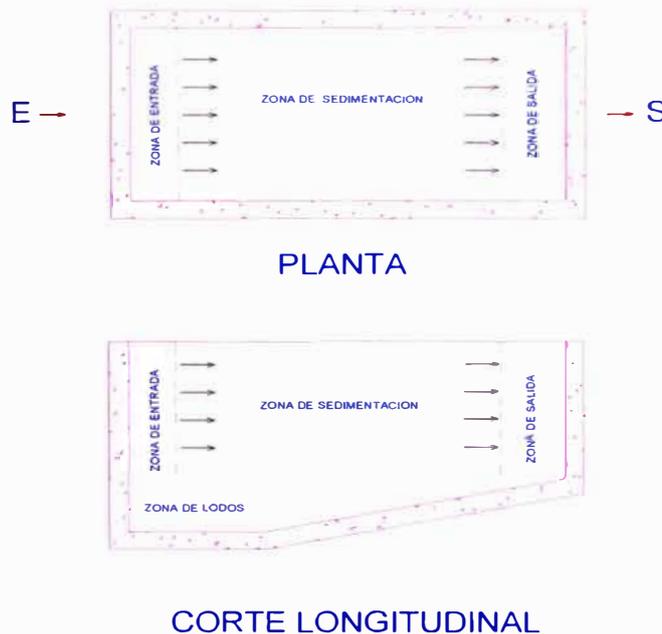


FIG. 2.6 COMPONENTES DE UNIDAD TIPO DECANTADOR ESTATICO

2.5.4 Filtración



FIG. 2.7 BATERIA DE FILTROS DE TASA DECLINANTE

Es un proceso Terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal mas fina, que no alcanzo a ser removida, en los procesos anteriores.

Consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, normalmente de arena, en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (aguas mas partículas) y del medio poroso.

En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

El trabajo experimental mediante un filtro piloto es la forma más segura de seleccionar las características de la unidad y los parámetros de diseño.

El segundo punto en importancia para optimizar el diseño de un filtro es un buen conocimiento de la hidráulica de la unidad. Las evaluaciones efectuadas en estas unidades indican que es en este terreno que suelen inscribir las deficiencias más notables en la concepción de los proyectos.

Sistemas de Filtración

Se clasifican de acuerdo:

- *Dirección de flujo:*
 - ✓ Flujo hacia abajo.
 - ✓ Flujo hacia arriba
 - ✓ Flujo dual.

- *El tipo de lecho filtrante:*
 - ✓ Un solo medio: Arena o antracita.
 - ✓ Medio dual: Arena y antracita.
 - ✓ Lecho mezclado: arena, antracita y granate.

- *Fuerza Impulsora*
 - ✓ Filtro por gravedad, mas usado en plantas de purificación de agua.
 - ✓ Filtro a presión, se ha usado principalmente en la filtración de aguas para piscinas.

- *Tasa de filtración*
 - ✓ Filtros lentos de arena.

- ✓ Filtros rápidos.
- ✓ Filtros de alta tasa.

Descripción de Filtros rápidos

El filtro rápido por gravedad es el tipo de filtro más usado en tratamiento de aguas. la operación de filtración supone dos etapas: *filtración* y *lavado*.

En un filtro rápido convencional, el final de la etapa de filtración o carrera del filtro se alcanza cuando los sólidos suspendidos (turbiedad) en el efluente comienzan a aumentar; cuando la pérdida de carga es tan alta que el filtro ya no produzca agua a la tasa deseada, se procede a lavar el filtro para remover el material suspendido acumulado dentro del lecho filtrante y para recuperar su capacidad de filtración.

Usualmente el lavado se hace invirtiendo el flujo a través del filtro, aplicando un flujo suficiente de agua para fluidizar el medio filtrante y producir el frote entre los granos del mismo, y desechando el material removido a través de canaletas de lavado.

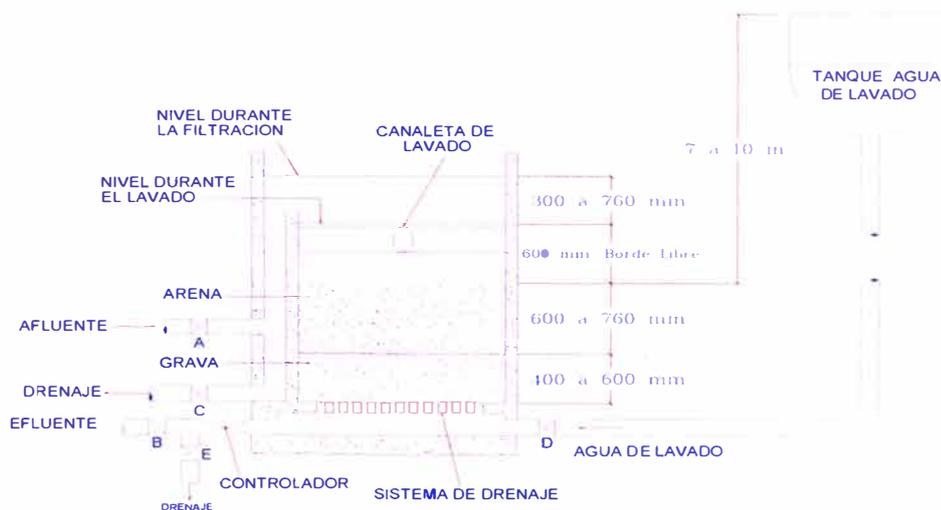


FIG. 2.8 FILTROS RAPIDOS POR GRAVEDAD

VALVULA	POSICION DE LA VALVULA		
	FILTRANDO	LAVANDO	FILTRANDO A DESECHO
A. Afluente	Abierta	Cerrada	Abierta
B. Efluente	Abierta	Cerrada	Cerrada
C. Drenaje agua de lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
D. Agua de Lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
E. Drenaje agua filtrada	Cerrada	Cerrada	Abierta

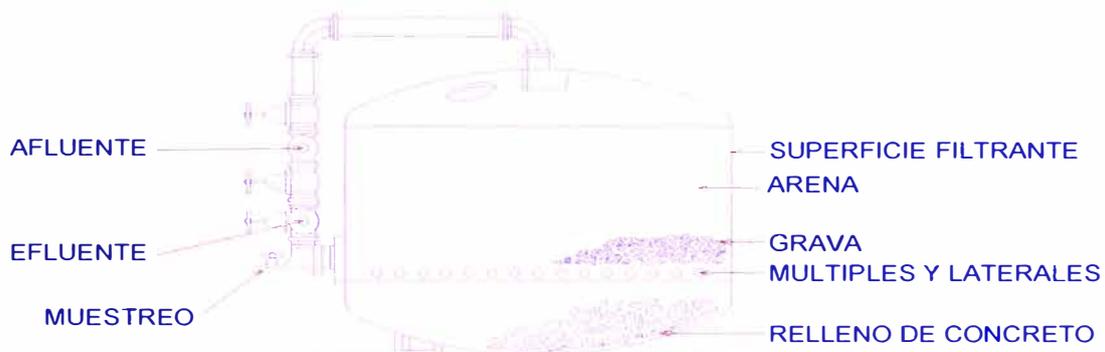


FIG. 2.9 FILTROS RAPIDOS POR PRESION

2.5.5 DESINFECCION - CLORACION

Desinfección

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico.

Si bien la práctica muestra que los procesos de coagulación, sedimentación y filtración remueven el mayor porcentaje de microorganismos patógenos del agua, la eficiencia de los mismos no llega al 100%.

En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades.

En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

Cloración

El cloro, oxidante poderoso, es, sin duda alguna, el desinfectante más importante, que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, incluyendo su fácil dosificación y costo conveniente.

El cloro, en condiciones normales de presión y temperatura, es un gas verde, dos y media veces más pesado que el aire. Otro compuesto del cloro es la cal clorada se expende en forma de polvo blanco, seco, con un leve olor a cloro o ácido hipocloroso.

Algunas de sus sales también tienen poder desinfectante, cuya eficiencia bactericida es idéntica a la del cloro y que producen reacciones similares en el agua, tales como:

Hipoclorito de calcio, El hipoclorito de calcio expandido en polvo, difiere de la cal clorada en que el cloruro de calcio inerte ya ha sido eliminado en gran parte. Por esta razón, el hipoclorito de calcio puede prepararse para contener concentraciones altas de cloro disponible.

Hipoclorito de sodio, líquido de color amarillento, el hipoclorito de sodio contiene de 1 a 10% de cloro activo.

En términos generales, el costo del hipoclorito es más alto que el de la cloración con cloro gaseoso, pero en lugares donde no se pueden transportar cilindros de cloro o en situaciones de emergencia es la única alternativa posible.

Dióxido de cloro, es un gas muy oxidante que no puede ser transportado en estado líquido como el cloro y necesita ser fabricado en el propio local donde se lo emplea.

Estaciones de cloración

Las instalaciones de cloración comprenden los siguientes componentes:

- Almacén

Las características del almacén dependerán de la forma en que el cloro se almacene: sólido, líquido o gaseoso, y de las características del envase.

Cloro gaseoso

El almacén debe tener techo, para evitar que los cilindros se recalienten; las paredes deben tener orificios en la parte inferior, o mejor aun deberían ser de malla para conseguir el máximo de ventilación.

No debe incluirse en el almacén ningún equipo ni efectuar actividades que produzcan fuego o chispas.

Los cilindros pequeños, esto es, los de 50 y 75 kg., siempre deben almacenarse y utilizarse en posición vertical.

Compuesto de cloro

Los compuestos clorados ya sean líquidos o sólidos son disueltos en agua y pueden ser dosificados y aplicados utilizando equipos de bombeo, dosificadores, hidroeyectores, así como sistemas de fabricación local.

Los compuestos de cloro en polvo, se almacenan en lugares frescos y secos, la pérdida de cloro activo no sobrepasará 10% por mes. En atmósferas calientes y húmedas, la degradación del producto será más rápida.

- sala de cloración

- cámara de contacto.

La cámara de contacto tiene por finalidad promover el tiempo de contacto necesario para permitir la acción bactericida del cloro con un máximo de eficiencia. Del mismo modo que para un floculador, las cámaras de contacto deben ser objeto de un diseño hidráulico cuidadoso.

El difusor de cloro se ubica al inicio de la cámara, seguido de un resalto hidráulico para promover una mezcla interna entre el cloro y el agua.

La forma del tanque de contacto y la buena ubicación de las pantallas son esenciales para un buen rendimiento hidráulico. Las entradas y salidas bien situadas también son importantes para reducir las zonas muertas y los cortocircuitos.

Una cámara de contacto diseñada de modo semejante a un floculador hidráulico de pantallas puede tener una buena eficiencia.

CAPITULO III

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRACION RAPIDA

Se realiza el diseño de la planta de tratamiento, aplicando generalmente la norma OS.020 “Planta de Tratamiento de Agua para Consumo Humano” correspondiente al Título II Habilitaciones Urbanas-II.3 obras de saneamiento del Reglamento Nacional de Edificaciones, asimismo se aplicaron los criterios de diseño y proyectos realizados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS).

3.1 OBJETIVO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN RÁPIDA

El Proyecto de “Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua”, responde a la necesidad de contar con un sistema eficiente que satisfaga la demanda futura de la población universitaria, asegurando la calidad del agua.

Una planta de tratamiento de agua se diseña para asegurar la calidad del agua, en este caso aguas superficiales, mediante la remoción de partículas suspendidas en el agua, es decir aguas turbias, que según la norma de calidad para agua potable son consideradas cuando son mayores de 5 NTU (siglas en ingles de unidades nefelométricas de turbidez).

Asimismo los objetivos de las unidades componentes de la planta son:

- Diseñar una unidad de mezcla rápida, para el caudal de diseño con la finalidad de producir un gradiente de velocidad y tiempo de mezcla óptimos.
- Diseñar un floculador de pantallas de flujo horizontal que tratará el mismo caudal de diseño.
- Diseño y verificación de la unidad de decantación de flujo horizontal, de forma rectangular compuesto por una zona de entrada por medio de una pantalla o cortina perforada, una zona de salida por medio de canaletas colectoras, una zona de depósito de lodos con fondo inclinado y una zona de decantación.

- Diseñar la unidad de filtración rápida con tasa declinante y lavado mutuo para el caudal de diseño, se espera obtener al final del proceso de filtración una calidad de agua con una turbiedad menor a 1UNT.
- Diseñar las dimensiones del almacén y de las instalaciones de cloración para el caudal de diseño

3.2 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA

Se determino las condiciones del agua cruda y agua tratada mediante el análisis físico químico del agua. A continuación se muestra un resumen del análisis físico químico realizado a las aguas superficiales en la universidad nacional de educación “Enrique Guzmán y Valle”

CUADRO Nº 3.1 –ANALISIS FISICO QUIMICO DEL AGUA

PARAMETROS	Unidad	UBICACIÓN DE MUESTREO	
		Acequia Alta	Agua Tratada PCC 03
Turbidez	UNT	50	0.5
Apariencia		Ligeramente turbia	Incoloro
Sedimentos		-	-
pH		7.8	8.1
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /l	200	146
Dureza Total	mg CaCO ₃ /l	305	313
STD	mg/l	240	280

FUENTE – UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION – SERVICIOS GENERALES-AGOSTO 2007

3.3 GRADO DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Luego de obtenido el comportamiento de la calidad del agua cruda se procede a la determinación del grado de tratamiento: Filtración rápida completa: mezcla rápida, floculación, decantación y filtración rápida.

Comprende los siguientes componentes o procesos unitarios:

- 1.- Desarenadores o sedimentador de partículas discretas.
- 2.- Tanques de solución y dosificadores.
- 3.- Mezclador hidráulico tipo rampa.
- 4.- Floculador hidráulico de flujo horizontal con pantallas verticales.
- 5.- Sedimentador de partículas flocúletas de flujo horizontal.

- 6.- Filtros rápidos completos de tasa declinante y lavado mutuo.
- 7.- Sala de cloración.

3.4 POBLACION FUTURA

Se establece a partir de la información estadística proporcionada por la Oficina Central de Planificación y Desarrollo Institucional UNE, cuya principal fuente de información es la Oficina Central de Registro y Servicios Académicos UNE.

CUADRO Nº 3.2 –ESTADISTICA DE POBLACION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION

Población Universitaria					
Denominación	Población	Población	Población	Población	Población
	2003	2004	2005	2006	2007
Estudiantes Matriculados					
Educación Inicial	688	700	746	775	631
Pedagogía y Cultura Física	1,592	1,500	1,369	1,350	997
Ciencias Sociales y Humanidades	2,024	2,000	1,845	1,883	1,666
Ciencias	1,219	1,200	1,171	1,204	1,036
Agropecuaria y Nutrición	478	400	513	503	443
Tecnología	1,575	1,500	1,356	1,342	1,041
Ciencias Administrativas y Turismo*	400	458	466	513	0
Total	7,976	7,758	7,466	7,570	5,814
Docentes	728	663	706	835	806
Administrativos	450	450	443	504	622
Total	9,154	8,871	8,615	8,909	7,242

* Facultad trasladada al local distrito del Rimac

FUENTE – OFICINA CENTRAL DE REGISTRO Y SERVICIOS ACADÉMICOS UNE

Para la estimación de la población futura utilizaremos el **método aritmético**, por esperar un crecimiento de población constante, es decir asimilable a una línea recta, es decir que responde a la ecuación:

$$P_i = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} (t - t_2)$$

Donde: P_i : Población en tiempo t_i

La tasa de crecimiento esta dada por: $r = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$

Para hallar la tasa de crecimiento utilizaremos los datos del año 2004, 2005 y 2006.

AÑO	POBLACIÓN	P ₂₀₀₆₋₂₀₀₄	P ₂₀₀₆₋₂₀₀₅	$\frac{P_{t+1} - P_t}{t_{t+1} - t_t}$
2004	8,871			
2005	8,615		294	294
2006	8,909	38		19
promedio :				156.5

Teniendo definida la población actual, la proyectamos con la tasa de crecimiento estimada:

POBLACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN (ESTIMACIÓN AL AÑO 2017)		
AÑO	n	POBLACIÓN
2007	0	7,242
2008	1	7,399
2009	2	7,555
2010	3	7,712
2011	4	7,868
2012	5	8,025
2013	6	8,181
2014	7	8,338
2015	8	8,494
2016	9	8,651
2017	10	8,807

3.5 CAUDAL DE DISEÑO

Para estimar la demanda de agua para consumo humano, la dotación es de 50lt/hab/día, que se encuentra en el rango establecida por el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma IS.010) en lo que respecta a locales educacionales y residenciales estudiantiles.

Tipo de Local Educacional	Dotación Diaria
Alumnado y personal no residente	50 L por persona
Alumnado y personal residente	200 L por persona

A continuación se muestran los cuadros de cálculo de población y demanda para horizonte de 10 años, en la Universidad Nacional de Educación, a través de ello se determino el caudal de diseño ($Q_{DISEÑO}$).

CUADRO N° 3.3 -DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE PROYECTADO EN LA UNE

Año	Población	CONSUMO DE AGUA					
		l/día					Total l/s
		Población	Areas verdes	Colegio Piloto	Otros Servicios	Total	
(1)	(2)	(3) = (2)x50lt/día	(4) = 14,950x2 lt/día	(5) = 1500x 50lt/día	(6)	(7) = (3) + (4) + (5) + (6)	(8) = (7)/86400
1	7,399	369,950	29,900	75,000	296,119.65	770,969.65	8.92
2	7,555	377,750	29,900	75,000	296,119.65	778,769.65	9.01
3	7,712	385,600	29,900	75,000	296,119.65	786,619.65	9.10
4	7,868	393,400	29,900	75,000	296,119.65	794,419.65	9.19
5	8,025	401,250	29,900	75,000	296,119.65	802,269.65	9.29
6	8,181	409,050	29,900	75,000	296,119.65	810,069.65	9.38
7	8,338	416,900	29,900	75,000	296,119.65	817,919.65	9.47
8	8,494	424,700	29,900	75,000	296,119.65	825,719.65	9.56
9	8,651	432,550	29,900	75,000	296,119.65	833,569.65	9.65
10	8,807	440,350	29,900	75,000	296,119.65	841,369.65	9.74

... Continuación

DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE PROYECTADO EN LA UNE

Perdidas físicas	Demanda			Demanda Máxima Diaria	Demanda Máxima Horaria
	l/s	l/día	m3/año	l/s	l/s
(9)	(10) = (8)/1-perd.físicas)	(11) = (7)/1-perd.físicas)	(12) = (11)x365/1000	(13) = (10) x 1.3	(14) = (10) x 1.8
50%	17.85	1,541,939	562,808	23.20	32.12
50%	18.03	1,557,539	568,502	23.44	32.45
50%	18.21	1,573,239	574,232	23.67	32.78
50%	18.39	1,588,839	579,926	23.91	33.10
50%	18.57	1,604,539	585,657	24.14	33.43
50%	18.75	1,620,139	591,351	24.38	33.75
50%	18.93	1,635,839	597,081	24.61	34.08
50%	19.11	1,651,439	602,775	24.85	34.40
50%	19.30	1,667,139	608,506	25.08	34.73
50%	19.48	1,682,739	614,200	25.32	35.06

FUENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION – SERVICIOS GENERALES

Como se observa el Caudal de máxima demanda diaria (Q_{md}) para el año 2017 (Horizonte de Proyecto: 10 años) es de 25.32 l/s.

En los proyectos según Norma¹, deberá considerarse una capacidad adicional que no exceda el 5% para compensar gastos de agua de lavado de los filtros, perdidas en la remoción de lodos, etc.

¹ NORMA OS.020 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Por lo tanto:

$$Q_{DISEÑO} = Q_{md} + 5\%Q_{md}$$

$$Q_{DISEÑO} = 26.59 \text{ l / s}$$

3.6 BALANCE HIDRICO

La oferta de agua proveniente de los ríos Rímac y Santa Eulalia, en promedio su caudal en agosto fue de 19.8 m³/s con una anomalía de +26%.

Se realizo la medición del caudal en el canal de irrigación que corren a lo largo de la parte alta del campus universitario obteniéndose: 160 l/s. La estimación de la demanda de agua se determino con el caudal máximo diario y el caudal de diseño de 26.59 l/s, los que serán captadas del canal de irrigación a través de un canal de derivación para ser tratadas en la planta, como se observa existe oferta hídrica que garantiza el abastecimiento.

3.7 DISEÑO- PARAMETROS

El diseño definitivo de la planta debe comprender:

- a) Dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta
- b) Diseños Hidráulicos- sanitarios
- c) Diseños estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos
- d) Planos y memoria técnica del proyecto
- e) Presupuesto referencial
- f) Especificaciones Técnicas para la construcción
- g) Manual de puesta en marcha y procedimientos de operación y mantenimiento

En este capitulo, se evaluara el dimensionamiento de los procesos unitarios de planta de tratamiento, diseños hidráulicos y memoria técnica de los componentes.

El predimensionamiento de las alternativas se hará utilizando los parámetros de diseño específicos para la calidad de agua a tratar, determinados a nivel de laboratorio o de planta piloto dependiendo la capacidad de la instalación.

3.8 CAPTACION

La planta no cuenta con un dispositivo de medición de caudal de agua que ingresa a ella.

La estructura existente el cual tiene problemas de filtración será reemplazada por una de concreto simple $f'c=210$ Kg/cm², compuesta de una rejilla, cámara de ingreso, compuerta y vertedero.

La rejilla será de marco de platina, con malla de alambre N° ¼" x 1/8" de dimensiones: 0.70 x 0.50 m.

La cámara de ingreso de concreto, tendrá una altura de 0.80 m. y un ancho de 0.50 m.

La compuerta de captación será metálica de sección rectangular confeccionado por una plancha con un espesor de 4.5 mm., sistema de izaje constituido por una guía roscada, de material de fierro fundido y suministro e instalación de volante de accionamiento mecánico de 4" de diámetro.

Antes de la instalación de la compuerta, su sistema de izaje y accionamiento será imprimado con dos manos de base anticorrosivo y tendrá un acabado de dos manos de pintura epóxica, especial para elementos que están en contacto directo en el agua.

Se instalara un límnimetro que permitirá al operador de la planta leer y regular fácilmente los niveles de agua en el canal, constituido por un flotador tipo pastilla de cobre (c/aire) de 8" de diámetro por 5 cm. de altura, que cuenta con guía de aluminio de ¼" de diámetro, e indicador de nivel metálico regulable. Se instalara como parte componente del límnimetro, una regla graduada de madera de pino, con una altura de medición de 0.40 m. @ 0.01, con un espesor de 20 mm.

3.9 DESARENADOR

3.9.1 Criterios de Diseño

- El periodo de retención debe estar entre 5 a 10 minutos

- La razón entre la velocidad horizontal y la velocidad de sedimentación de las partículas debe ser inferior a 20.
- La velocidad de sedimentación deberá definirse en el ensayo de simulación del proceso.
- La profundidad de los estanques deberá ser de 1.0 a 3.0 m
- La estructura de entrada debe comprender un vertedero a todo lo ancho de la unidad y una pantalla o cortina perforada.
- El diseño se deberá considerar el volumen del material sedimentable que se deposita en el fondo. Los lodos podrán removerse según procedimientos manuales o mecánicos.
- El fondo del tanque debe tener una pendiente no menor de 3%
- La velocidad horizontal máxima en sistemas sin sedimentación posterior será de 0.17 m/s. y para sistemas con sedimentación posterior será de 0.25 m/s.
- La turbiedad máxima del efluente debe ser de 50 UNT y preferiblemente de 20 UNT
- Deberá existir como mínimo 02 unidades

3.9.2 Diseño del Desarenador

El agua ingresa al desarenador con un caudal **Q= 26.59 l/s**

El desarenador se diseñara para la sedimentación de partículas granulares discretas de diámetro promedio mayor de 0.1 mm.

$$V_s = \frac{g(P_s - P)D^2}{18\mu} \dots\dots\dots \text{LEY DE STOKES}$$

V_s = Velocidad de sedimentación de las partículas (cm/s)

D = diámetro de la partícula (cm); (0.01 cm.)

μ = viscosidad cinemática del agua en stokes (cm²/s) a 20° C

P_s = densidad relativa de la partícula

P= densidad relativa del agua (1.00)

μ = viscosidad cinemática 1.0105×10^{-2} cm²/s

La densidad relativa de la partícula (arena): 2.65

a).- Reemplazando valores se obtiene:

$$V_s = \frac{981(2.65 - 1.00)(0.01)^2}{18 \times 1.0105 \times 10^{-2}}$$

$$V_s = 0.889 \text{ cm./s}$$

Se asume una profundidad útil $h = 1.00$ m. (actualmente profundidad del desarenador), entonces el tiempo requerido para que una partícula llegue al fondo, condición necesaria para que se considere removida, será:

$$t = \frac{100}{0.89} = 112.37 \text{ seg}$$

b).- La eficiencia (e) de sedimentación del tanque varia entre 1.5 y 8.0 según el tipo de tanque empleado y el porcentaje de remoción que se desea.

De acuerdo con los valores recomendados por H. Sánchez Montenegro (Ingeniería de Acueductos y Tratamiento de agua, 1970) para obtener una remoción del 90% de las partículas, considera una eficiencia (e) igual a 3.5 por lo que se tiene:

$e = \text{Periodo de retención (T)}/t$

Periodo de retención (T) = $3.5 \times (112.37) =$

393.30 s (6.55 minutos) **OK (Cumple)**

El periodo de retención debe estar entre 5 a 10 minutos

c).- El volumen mínimo efectivo del tanque, para este tiempo de retención debe ser:

$$V = Q \times T = 26.59 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 471.91 \text{ s} = 10.46 \text{ m}^3$$

Se adopta 11 m^3

Si la profundidad es $h=1.00$ m. la superficie o sección transversal (A) será:

$$A = 11.00/1.00 = 11.00 \text{ m}^2$$

d).- La carga superficial máxima es: 8.89 l/s/m^2

$$\text{La mínima superficie será: } \frac{26.59 \text{ l/s}}{8.89 \text{ l/s/m}^2} = 2.99 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el valor calculado para la superficie horizontal 11.00 m^2 , cumple con la condición de mayor superficie, la carga superficial con la que trabajara el desarenador será:

$$\frac{26.59 \text{ l/s}}{11.00 \text{ m}^2} = 2.417 \text{ l/s/m}^2 = 208.82 \text{ m}^3/\text{d/m}^2$$

3.9.3 Dimensionamiento del Desarenador

e).- Asumiendo

$B=2.45$ m (actualmente el ancho del desarenador en la UNE), por lo tanto la longitud (L) será:

$$L = \frac{A}{B} = \frac{11.00 \text{ m}^2}{2.45 \text{ m}} = 4.49 \text{ m. (mínimo)}$$

Por lo tanto $L=7.50$ m.

Según las normas la relación largo/ancho debe ser:

$$3 \leq \frac{L}{B} \leq 4$$

En nuestro caso

$$\frac{L}{B} = \frac{7.50}{2.45} = 3.06 \geq 3 \quad (\text{Valor que cumple con ambas condiciones})$$

f).- Dimensiones finales:

Borde Libre = 0.20 m.

Altura adicional en el fondo de 0.30 para sedimentos y considerando una pendiente de 5%, las dimensiones finales serán:

Altura efectiva o útil (h)	= 1.00 m
Borde Libre (b)	= 0.20 m
Ancho (B)	= 2.45 m
Largo (L)	= 7.50 m

g).- Velocidad Horizontal:

La velocidad horizontal (V_h) o de traslación según la denominan algunos autores en el desarenador será:

$$V_h = \frac{Q}{A_s} = \frac{0.02659}{2.45 \times 7.5} = 0.145 \text{ cm/s} = 1.447 \text{ mm/s}$$

$$V_s = 0.889 \text{ cm./s}$$

$$\frac{V_s}{V_h} = \frac{0.889}{0.145} = 6.13 < 20 \quad \text{OK(Cumple)}$$

La velocidad horizontal esta supeditada a la velocidad critica de transporte o arrastre, a partir del cual no se produce asentamiento

h).- Velocidad Crítica:

La velocidad crítica (V_c) que producirá el arrastre de las partículas de diámetro (D) y peso específico (P_s) tenemos:

$$V_C = 125(P_s - P)^{1/2} D^{1/2}$$

Como:

P_s = Densidad Relativa de la partícula : 2.65

P = Densidad Relativa del agua : 1.00

D = Diámetro de la partícula : 0.01 cm

$V_c = 16.06 \text{ cm./s} = 160.6 \text{ mm./s}$

Es recomendable que la velocidad horizontal no exceda la tercera parte de la velocidad crítica (Ingeniería de Acueductos y Tratamiento de Aguas)

$$V_h \leq V_c / 3 = 160.6/3 = 53.33 \text{ mm/s}$$

Entonces,

1.45 mm./s es menor a 53.33 mm/s **OK (Cumple)**

3.10 MEZCLADOR HIDRÁULICO (MEZCLA RAPIDA)

La unidad de mezcla rápida escogida es un canal rectangular de concreto con cambio de pendiente, de tal manera que se mantenga un resalto hidráulico, y que genere una mezcla homogénea.

Esta estructura tiene un ancho de $B=0.5\text{m}$ y una longitud total de 0.95m .

3.10.1 Criterios de Diseño

- Diseñar la geometría de la unidad
- Comprobar que se obtiene un numero de Fraude de 4.5 a 9.0 para obtener un resalto estable
- Comprobar que el resalto produce una gradiente de velocidad mayor de 700 y menor de 1300 s⁻¹
- El tiempo de retención casi instantáneo de menos de 0.1 a 5 segundos como máximo, dependiendo de la concentración de coloides en el agua por tratar y del tipo de unidad seleccionada.

3.10.2 Diseño de Mezcla Rápida

La unidad de mezcla rápida escogida es un canal rectangular con cambio de pendiente, de tal manera que se mantenga un resalto hidráulico, y que genere una mezcla homogénea.

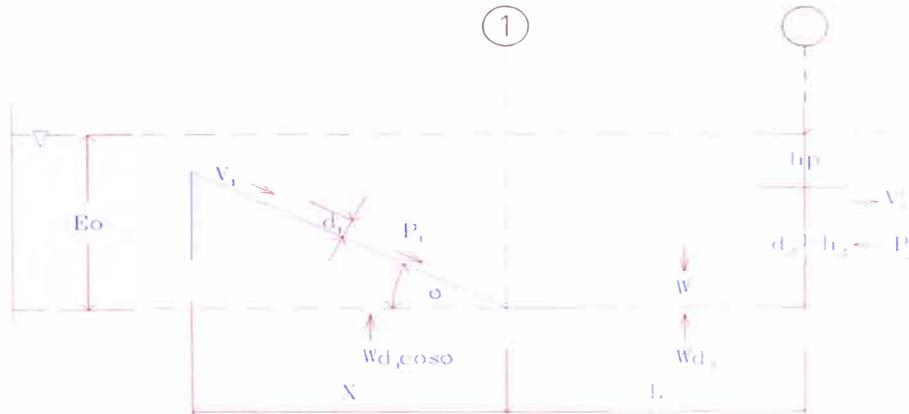


FIG. 3.1.- ESQUEMA HIDRAULICO DE MEZCLA RAPIDA

- a).- Según topografía del terreno en la ubicación de la mezcla rápida
 $E_0 = 0.50m$.

b).-
$$E_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{Bh_1} = \frac{q}{h_1} \dots\dots\dots(2)$$

- c).- Asumiendo un ancho de canal rectangular $B=0.50$ m, se tiene el caudal Unitario (q)

$$q = \frac{0.02659}{0.5} = 0.0532m^3 / s / m$$

- d).- De las ecuaciones (1) y (2) se obtienen la velocidad antes del resalto

$$E_1 = E_0 = \frac{q}{V_1} + \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$$

La solución de la ecuación anterior esta dada por:

$$V_1 = 2\sqrt{\frac{2gE_0}{3}} \cos\left(\frac{\theta}{3}\right) \dots\dots\dots(4)$$

donde:

$$\cos\theta = -\frac{gq}{\left(\frac{2gE_0}{3}\right)^{1.5}}$$

O sea,

$$\cos\theta = -\frac{9.8 \times 0.0532}{\left(\frac{2 \times 9.8 \times 0.5}{3}\right)^{1.5}} = -0.0883$$

Por lo tanto,

$$\theta = 95.07$$

$$\cos\left(\frac{\theta}{3}\right) = 0.85$$

Reemplazando en la ecuación (4)

$$V_1 = 2\sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 0.5}{3}} \times 0.85 = 3.07 \text{ m/s}$$

e).- Obtenemos la profundidad antes del resalto (h_1), el número de Froude y la profundidad después del resalto (h_2)

$$h_1 = \frac{q_1}{V_1} = \frac{0.0532}{3.07} = 0.0173 \text{ m.}$$

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{3.07}{\sqrt{9.8 \times 0.0173}} = 7.5$$

Para que el resalto sea estable en canales rectangulares:

$F_1 = 4.5 - 9.0$ **OK (Cumple)**

Además:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) \dots\dots\dots(6)$$

De la ecuación anterior:

$$h_2 = \frac{0.0173}{2} (\sqrt{1 + 8(7.5)^2} - 1) = 0.175 \text{ m}$$

f).- La energía hidráulica disipada o pérdida de carga en el resalto (h_p) se calcula, según la formula de Belanger, por:

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$$
$$h_p = \frac{(0.175 - 0.0173)^3}{4 \times 0.175 \times 0.0173} = 0.32 \text{ m}$$

g).- La Longitud del resalto (L), según Smetana, esta dada por:

$$L = 6(h_2 - h_1)$$
$$L = 6(0.175 - 0.0173) = 0.95 \text{ m}$$

h).- El Tiempo de mezcla (T) esta dado por:

$$T = \frac{L}{V_2}$$
$$V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{0.0532}{0.175} = 0.304 \text{ m/s}$$
$$T = \frac{0.95}{0.304} = 3.13 \text{ s}$$

(0.1 <= T <= 5s.) OK (Cumple)

i).- El Gradiente de velocidad, según la Ecuación:

$$G = \sqrt{\frac{gh_p}{\mu T}}$$

Donde:

G= Gradiente de la Velocidad, s^{-1}

g= Aceleración de la gravedad, m/s^2

h_p = Perdida de Energía

μ = Viscosidad Cinemática

$$G = \sqrt{\frac{9800 \times 0.32}{1,0105 \times 10^{-3} \times 3.13}} = 995.74 s^{-1}$$

OK (Cumple)

3.11 UNIDADES DE DOSIFICACION DE COAGULANTES

Los equipos deberán seleccionarse con la suficiente flexibilidad para que estén en posibilidad de operar en condiciones extremas de dosificación que requiera la fuente.

Estas condiciones extremas se definirán mediante:

a).- El coagulante siempre ser agregado en solución.

b).- La concentración empleada deberá ser de 1 a 2%.

c).- Deben considerarse **2 tanques** de preparación de **solución** para un periodo mínimo de operación de 8 horas, por cada sustancia que se requiera aplicar. Se debe considerar un **agitador** en cada tanque.

d).- En cada tanque deberán considerarse instalaciones de ingreso de agua filtrada, salida de solución, a una altura de por lo menos 10 cm. del fondo,

rebose y desagüe. El fondo del tanque deberá tener una pendiente pronunciada hacia la salida de la tubería de desagüe.

La aplicación de las sustancias químicas se efectúa mediante los **dosificadores** los cuales son capaces de liberar cantidades prefijadas de sustancia química en una unidad de tiempo.

Se seleccionó este tipo de *dosificador de solución por gravedad* de carga constante porque un tiene funcionamiento hidráulico ya que con ello se reducen los costos de operación y mantenimiento. El principal motivo de utilizar este tipo de dosificador es que carece de mano de obra calificada para su operación, y lo más importante es que no es un sistema mecanizado.

Dentro de esta unidad de dosificación se consideró el diseño de los tanques de solución, estos serán dos tanques de fibra de vidrio, de preparación, ambos con una capacidad de 1.0m^3

Se consideraron dos tanques dosificadores de coagulante, esto para asegurar la operación continua de la planta; la conexión entre los tanques de solución y los dosificadores se hará utilizando tuberías que sean resistentes a las propiedades químicas del coagulante e incluirá un sistema flotador con orificios de carga constante. Este flotador sostiene un niple flotante de PVC de $\frac{3}{4}$ " diámetro abierto a la atmósfera para evitar las intermitencias en el flujo.

Las características de los tanques dosificadores son:

Volumen: 0.15m^3

Dimensiones: Largo = 0.60m

Ancho = 0.50m

Altura = 0.50m

3.11.1 Diseño de Difusor

Se ha previsto un difusor constituido por un tubo perforado. Este tubo es de $1\frac{1}{2}$ " de diámetro y 13 orificios de 4mm. Esta tubería esta colocada al inicio de la

pendiente con la finalidad de lograr una mejor dispersión de coagulante, lográndose una eficiencia mayor.

Se suministrara e instalara un agitador eléctrico constituido por un motor de $\frac{1}{2}$ HP-220V-60 HZ, incluye base de apoyo metálica de $\frac{1}{4}$ " de espesor.

El eje será de acero inoxidable de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y 1.20 m. de longitud roscado al motor de accionamiento y a la mariposa de agitación de 3 aspas también de acero inoxidable de 0.15 m.

La planta cuenta con disponibilidad eléctrica para el accionamiento de estas cisternas controlados por pulsadores ON/OFF uno por cada tanque de dilución.

3.11.2 Punto de Aplicación de Reactivos y Mezcla Rápida

Se ubicara el flautín de dosificación (difusor) hacia el punto de aplicación, ubicado a lo ancho del canal de mezcla rápida previo a la unidad de floculación.

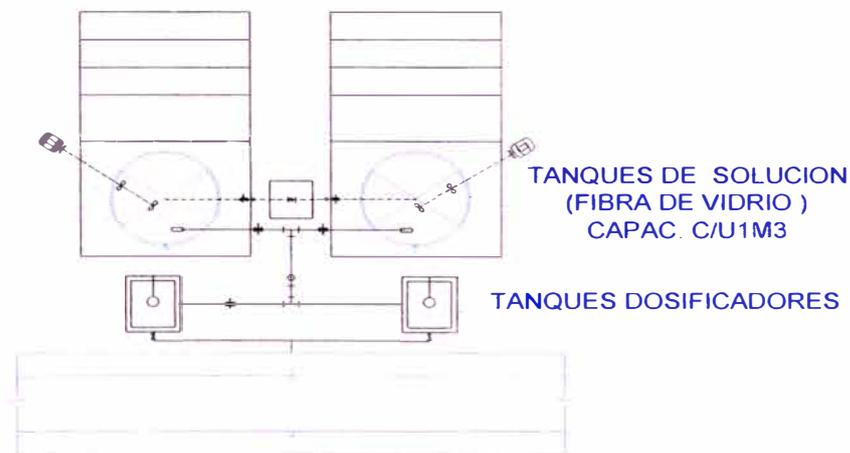


FIG. 3.2.- ESQUEMA DE DOSIFICACION DE COAGULANTES

3.12 FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL

3.12.1 Criterios de Diseño

- El rango de tiempo de retención que optimiza el proceso es de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua.

- El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale. El rango de gradientes de velocidad para optimizar el proceso se encuentra entre 70 y 20 s⁻¹, en el primer tramo de la unidad el gradiente no debe ser mayor que el que se esta produciendo en la interconexión entre el mezclador y el floculador.
- El tiempo de retención y el gradiente de velocidad varían con la calidad del agua. Por lo tanto, estos parámetros deberían seleccionarse simulando el proceso en el laboratorio con una muestra de agua que se va a tratar.
- La unidad puede estar configurada de diversas formas; puede constar de un solo tanque con tres o cuatro tramos con diferentes anchos de canales.
- Para que el periodo de retención real de la unidad coincida con el diseño ella debe tener el mayor número posible de compartimentos o divisiones.
- El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque o ancho de las vueltas debe ser 1.5 veces el espaciamiento entre pantallas.
- El coeficiente de pérdida de carga en las vueltas (K) debe ser igual a 2.
- El ancho de la unidad debe seleccionarse en función de que las pantallas en el último tramo se entrecrucen, por lo menos en un 1/3 de su longitud.
- El fondo debe tener un desnivel o pendiente de acuerdo a la pérdida de carga en cada tramo, para que la altura de agua sea uniforme y por lo tanto la velocidad y el gradiente de velocidad también.
- En todos los casos deberá diseñarse un sistema de desagüe que permita vaciar completamente la unidad.
- El paso del mezclador al floculador debe ser instantáneo y deben evitarse los canales y las interconexiones largas.

3.12.2 Diseño de Floculador de Flujo Horizontal

El material que se utilizará para las pantallas será de plancha fibrocemento superboard.

Se Simuló el proceso en el laboratorio para determinar los Gradientes de Velocidad (G) y Tiempos de Retención óptimos:

Datos:

Caudal de Diseño: 26.59 l/s

Temperatura Media:	20 °C
Periodo de Floculación:	20 minutos
Velocidad de Flujo:	0.2 m/s
Viscosidad Cinemática del agua (μ):	$1.0105 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$
Peso específico del agua:	1,000 gr/cm ³

- a).- Para un periodo de mezcla (t) de 20 minutos y una velocidad del flujo de 0.2 m/s (generalmente oscila entre 0.1 a 0.3 m/s) la longitud recorrida (L) por el agua será:

$$L = 0.2 \times 20 \times 60 = 240m, \text{ Longitud de canales}$$

- b).- El volumen útil de la cámara de floculación o volumen de agua a mezclar en cada periodo de 20 minutos será:

$$V = Qxt = 0.02659 \times 20 \times 60 = 31.91m^3$$

- c).- El Área Mojada (A) o Sección de agua en canal entre tabiques es:

$$A = \frac{31.91m^3}{240m} = 0.1329m^2$$

$$A = \frac{0.02659m^3 / s}{0.2m / s} = 0.1329m^2$$

- d).- La altura de agua en la unidad (H), asumiendo H=0.40 se obtiene el ancho de canal (b)

$$b = \frac{A}{H} = \frac{0.1329}{0.40} = 0.33$$

Con Borde libre de 0.15m y una altura de 0.20m para la decantación de sedimentos, entonces la altura total (H) será:

$$H = 0.40 + 0.15 + 0.20 = 0.75m$$

- d).- El ancho de vueltas o la distancia libre entre el extremo de cada pantalla y la pared del floculador (D), según Hardenbergh y Rodie

$$D = 1.50 \times b$$

$$1.50 \times 0.33 = 0.495m$$

Se adopta $D = 0.50m$

- e).- Para un ancho de la cámara de floculación de 10.00, la longitud efectiva de cada canal será:

$$B = 10.0 - 0.50 = 9.50$$

Por lo tanto, el número requerido de canales será:

$$N = \frac{240}{9.50} = 25.26 \approx 26$$

- f).- El espesor de cada tabique (plancha fibrocemento) es de 1.5 cm. Por lo tanto la longitud total interior de la cámara de floculación será:

$$L_f = 26 \times 0.33 + 25 \times 0.015 = 8.95m$$

- g).- La pérdida por fricción en el tanque, según la fórmula de Manning será:

$$hf = \frac{(Vxn)^2 L}{R^{4/3}} = \frac{(Vn)^2 L}{(A/P)^{4/3}}$$

Donde:

n : Coeficiente de pérdida de carga de Manning

hf : Pérdida total en metros

V : Velocidad en los canales

R : Radio hidráulico del canal

L : Longitud total en el canal

$$hf = \frac{(Vxn)^2 L}{R^{4/3}} = \frac{(Vn)^2 L}{(A/P)^{4/3}} = \frac{(0.2 \times 0.013)^2 \times 26 \times 9.50}{(0.1320 / 1.13)^{4/3}}$$

$$hf = 0.0292m$$

La pérdida de carga en los cambios de dirección según la ecuación:

$$h = \frac{3(N-1)xV^2}{2g}$$

$$h = \frac{3x(26-1)x0.2^2}{2x9.81} = 0.153m$$

La pérdida total será:

$$H = hf + h = 0.0292 + 0.153 = 0.1821m$$

- h).- El gradiente de velocidad para una temperatura de 20° C será según la ecuación:

$$G = \sqrt{\frac{gH}{\nu t}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9.8x0.1821}{1.054x10^{-6} x20x60}} = 37.56s^{-1} \text{ (OK)}$$

Se encuentra en el rango de Gradiente de velocidad (G) recomendable que optimizan el proceso: 70-20 s^{-1} .

Asimismo se comprueba:

Altura de la rampa + tirante de agua en el vertedero de coronación de la rampa = pérdida de carga + altura del tirante aguas abajo del resalto.

3.13 SEDIMENTADOR (DECANTADOR) DE FLUJO HORIZONTAL CONVENCIONAL

3.13.1 Criterios de Diseño

- Tasa Superficial: la determinación de la tasa superficial deberá realizarse experimentalmente, simulando el proceso de laboratorio.

- Las tasas superficiales varían entre **15 y 60 $m^3/(m^2 \cdot dia)$** dependiendo del tamaño de las instalaciones, tipo de operación y tecnología adoptada.
- Se debe tener presente que las condiciones de diseño de los sedimentadores dependerán del tipo de filtros proyectados, por ello la sedimentación y filtración deben proyectarse como procesos complementarios.
- La velocidad media del flujo para el caudal máximo de diseño deberá ser inferior de **0.55 cm/s**.
- Periodo de retención y profundidad: deberá estar comprendido entre **1 ½ y 5 horas** y las profundidades entre **3 y 5 m**. En los sedimentadores con dispositivos para la remoción continua de lodo se considerara útil toda la profundidad. En los sedimentadores sujetos a limpieza periódica se considerara una parte de la profundidad total como espacio destinado a la acumulación normal de lodos. Se recomienda que el volumen para almacenamiento de lodos sea **10 a 20%** del volumen del sedimentador.
- Los sedimentadores serán de forma rectangular:
 - La relación largo-ancho deberá estar entre **2 a 1 y 5 a 1**.
 - La relación largo-profundidad deberá estar entre **5 a 1 y 20 a 1**.
- Se deberá adoptar un mínimo de dos unidades, de tal manera que cuando se suspenda una, se puede seguir operando con la otra. En el diseño se debe tener en cuenta que cuando una unidad sale de operación, las remanentes deben operar con la tasa de diseño seleccionada.
- Los conductos o canales de agua floculada deben asegurar una distribución uniforme del flujo a los diversos sedimentadores sin cortocircuitos hidráulicos. En una estructura de distribución se aceptara como máximo una desviación del **5%** en el reparto de caudales.

▪ **Estructura de Entrada**

- ✓ La estructura de entrada a los sedimentadores debe estar conformada por un vertedero sin contracciones a todo lo ancho de la unidad, seguido de un tabique difusor o cortina perforada para proporcionar una distribución uniforme del flujo en toda la sección.
- ✓ La cortina difusora debe estar ubicada a una distancia no menor de 0.80 m. del vertedero de entrada.
- ✓ La cortina difusora debe tener el mayor número posible de orificios uniformemente espaciados en todo lo ancho y la altura útil del decantador, la distancia entre orificios debe ser igual o inferior de 0.50 m. y de preferencia deben tener forma circular y aboquillados.
- ✓ El gradiente de velocidad en los orificios no debe ser mayor de 20 s^{-1} .
- ✓ Cuando la unidad no tiene remoción mecánica de lodos, los orificios más bajos deberán quedar a $H/4$ o $H/5$ de la altura sobre el fondo; los orificios más altos deberán quedar a $H/5$ o $H/6$ de la altura de la superficie del agua para evitar se produzca un cortocircuito hidráulico con el vertedero de salida.

▪ **Sistemas de Recolección de agua sedimentada**

- ✓ Pueden estar conformados por vertederos, canaletas y tubos con orificios.
- ✓ La estructura de salida o sistema de recolección no debe sobrepasar el tercio final de la unidad.
- ✓ Los bordes de los vertederos podrán ser lisos o dentados y ajustables o removibles.
- ✓ Las canaletas tienen por objeto incrementar la longitud de recolección. Pueden colocarse transversal o perpendicularmente al flujo. Sus bordes pueden ser lisos, dentados o con orificio.

- ✓ Los vertederos deberán tener una longitud tal que la tasa de recolección este comprendida entre **1.3 a 3 l/s** por metro lineal de vertedero.

- **Sistema de Acumulación y extracción de lodos**

En los sistemas de limpieza intermitentes, en los que la unidad se retira del servicio para efectuar la operación en forma manual, se deberá tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ La capacidad de las tolvas debe determinarse en función al volumen de lodo producido y la frecuencia de limpieza. La tasa de lodo producido se debe determinar en el laboratorio, mediante las turbiedades máximas y mínimas que se den en la fuente. Se realizara la prueba de sedimentación y se medirá el volumen de lodos producido en cada caso.
- ✓ El tiempo de retención de la tolva depende de la frecuencia de limpieza y esta de la temperatura local. En climas fríos se puede almacenar el lodo de dos a tres meses sin que adquiera condiciones sépticas; en climas calidos puede ser hasta de una semana, dependiendo de la temperatura.
- ✓ La pendiente de las tolvas en la zona de salida debe ser de **45° a 60°**.
- ✓ El punto de salida de la tolva debe ubicarse el tercio inicial del decantador que es donde se debe producir la mayor acumulación de lodos.
- ✓ Debe incluirse un dispositivo de lavado de agua a presión; los chorros deben atravesar el decantador en su menor dimensión.
- ✓ La pérdida de agua por fangos no deberá ser superior a **1%** del agua tratada.
- ✓ El diámetro mínimo de las válvulas de accionamiento de las descargas de lodo deberá ser de **150 mm**.

3.13.2 Diseño de Decantador de Flujo Horizontal Convencional

La batería de decantación contará con dos unidades de similares características y cada una de estas unidades:

Carga Superficial (CS)	= 20 m ³ / m ² .día
Tiempo de retención	= 2 horas (1.5-5.0 horas)
Velocidad de sedimentación (V _s)	< 0.55 cm/s
Caudal (Q)	= 26.59 l/s= 2297.38 m ³ /d

a).- El Volumen de Sedimentador es:

$$V = Qxt = \frac{2297.38 \times 2}{24} = 191.45 \text{ m}^3$$

b).- El área superficial de la unidad (A_s) es igual a:

$$A_s = Q / CS$$

$$A_s = \frac{2297.38 \text{ m}^3 / \text{d}}{20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{d}} = 114.87 \text{ m}^2 \approx 115 \text{ m}^2$$

Si usamos dos tanques, el área superficial de cada uno será:

$$A_{s/2} = 57.5$$

c).- Para un tanque rectangular, la relación longitud/ancho=2/1 se tiene:

$$\text{ancho (a)} = \left(\frac{A}{2} \right)^{1/2} = \left(\frac{57.50}{2} \right)^{1/2} = 5.36 \approx 5.4$$

$$\text{Longitud (l)} = \frac{57.50}{5.4} = 10.65$$

d).- La profundidad del agua es:

$$h = \frac{V}{axl} = \frac{191.45 / 2}{5.4 \times 10.65} = 1.66 \text{ m}$$

e).- La profundidad del tanque (H) es:

$H = \text{prof. del agua} + \text{borde libre} + \text{altura de lodos}$

Altura de lodos:

Volumen de lodos: $20\%V = 0.2 \times (191.45/2) = 19.15 \text{ m}^3$

Altura de lodos: $19.15/57.5 = 0.33 \text{ m}$

Profundidad del Tanque = $1.66 + 0.3 + 0.40 = 2.36 \text{ m} \approx 2.40 \text{ m}$

f).- Comportamiento hidráulico de la unidad, la velocidad horizontal en la unidad (V_h) es de:

$$V_h = \frac{100 \times Q}{axh}$$

$$V_h = \frac{100 \times (2297.38 / 2)}{86400 \times 5.40 \times 1.66} = 0.15 \text{ cm/s} < 0.55 \text{ cm/s}$$

(OK) La velocidad obtenida cumple con la norma

g).- La unidad de entrada se supone constituida por una pantalla permeable, con orificios cuadrados.

El área de flujo para una velocidad de paso de 15 cm/s (velocidad máxima del flujo a través de los orificios para prevenir la rotura del floculo) es:

$$area = \frac{2297.38 / 2}{86400 \times 0.15} = 0.089 \text{ m}^2 = 890 \text{ cm}^2$$

Por cada Tanque rectangular se harán 3 orificios rectangulares de 15x20 separados a lo máximo cada 50 cm.

h).- La longitud del vertedero de salida, para una carga típica de rebose para floculo de alumbre de 2 l/s/m, por lo menos:

$$\text{Longitud} = \frac{2297.38 \times 1000}{86400 \times 2} = 13.30 \text{ m}$$

3.14 FILTROS RAPIDOS CON LECHOS MIXTOS

3.14.1 Criterios de Diseño

- El número de unidades de filtración se determinara mediante un estudio económico o condiciones especiales del proyecto. El número mínimo será de dos unidades.

- DIMENSIONES DE LAS UNIDADES FILTRANTES**

- a).- Profundidad

Será una función de las alturas del sistema de drenaje del medio de soporte y medio filtrante, de la altura del agua sobre el medio filtrante y de la altura de borde libre. La altura de agua sobre el lecho filtrante es variable y depende del tipo de operación del filtro.

- b).- Largo y ancho

La relación largo ancho será determinada por un estudio económico o por las condiciones especiales del proyecto.

- FILTROS RAPIDOS**

- a).- *Tasa de Filtración*

Debe fijarse de acuerdo al tamaño del material empleado y profundidad del lecho preferentemente mediante ensayos de filtros piloto. Estos valores se encuentran entre los siguientes límites:

Mínima	:	180 m ³ / (m ² . día)	(1)
Máxima	:	300 m ³ / (m ² . día)	(2)
Normal	:	200-240 m ³ / (m ² .dia)	(3)

- (1) Material fino y bajo nivel de operación y mantenimiento.
- (2) Material grueso y condiciones excepcionales de operación y mantenimiento.
- (3) Material grueso y condiciones normales de operación y mantenimiento.

- b).- *Capa Soporte del medio filtrante (grava)*

- ✓ El tamaño de la grava debe ser tal que los vacíos o poros en cada capa sean de diámetro menor que el del material

de la capa superior. En particular, el tamaño mínimo de la gravilla esta fijado por el tamaño máximo de la arena. La capa tope deberá estar constituida por gravilla no mas fina que **1.6 mm.** ni mayor que **8 mm.** de diámetro, y la capa inferior por grava de **19 mm.** de diámetro o mayor.

- ✓ La granulometría y el espesor de la grava dependen del tipo de drenaje. Para determinar los espesores de las capas de grava se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:
 - La altura de cada subcapa de grava no será menor que dos veces el mayor tamaño de grava de esa capa, cualquiera que sea ese tamaño.
 - La altura total de la grava sobre los drenes no será menor que **30 cm.**
- ✓ En cuanto a las condiciones físicas a cumplir por la grava, se tienen las siguientes:
 - Debe ser obtenida de una fuente que suministre piedras duras, redondeadas, con un peso específico no menor de 3.5 (no mas de 1% puede tener menos de 2.25 de peso específico).
 - La grava no deberá contener más de 2% en peso de piedras aplanadas, alargadas o finas, en las que la mayor dimensión excede en tres veces la menor dimensión.
 - Deberá estar libre de arcilla, mica, arena limo o impurezas orgánicas de cualquier clase.
 - La solubilidad en HCl al 40% debe ser menor de 5%.
 - La porosidad de cada subcapa debe estar entre 35 y 45 %

c).- Medios Filtrantes

Arena

La arena debe cumplir con las siguientes especificaciones:

El material laminar o micáceo debe ser menor de 1%

Las pérdidas por ignición deben ser menores de 0.7%

La arena debe ser material silíceo de granos duros (7 en la escala de Moh), libre de arcilla, limo, polvo o materia orgánica

La solubilidad en HCl al 40% durante 24 horas debe ser menor de 5%

El peso específico debe ser mayor de 2.6.

Antracita

La antracita debe reunir las siguientes condiciones:

Dureza mayor de 3 en la escala de Moh

Peso específico mayor a 1.55

Contenido de carbón libre mayor del 85% en peso

La solubilidad en HCl al 40% en 24 horas debe ser menor de 2%

En una solución al 1% de NaOH no debe perderse más de 2% del material

La granulometría deberá seleccionarse de acuerdo al tamaño más fino de la arena, de tal forma que no se produzca un grado de intermezcla mayor de 3. Para que esto se cumpla el tamaño máximo de la antracita debe ser el triple del tamaño efectivo de la arena

El espesor debe ser $\frac{2}{3}$ de la altura total del lecho filtrante, puede variar entre **0.50 y 1.0 m.**

Las características físicas deberán ser determinadas, preferentemente en ensayos en filtros pilotos; los rangos usuales se encuentran entre los siguientes valores:

Espesor mínimo de **0.45 m.**

Tamaño efectivo de **0.9 a 1.3 mm**

Tamaño mínimo de **2.4 mm.**

Coefficiente de Uniformidad menor o igual a **1.5**

d).- Sistema de Lavado

El lavado se podrá realizar con agua filtrada o con aquella que cumpla las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua potable

Se aceptarán los siguientes sistemas:

Con flujo ascendente solo

Con flujo ascendente y lavado superficial

Con flujo ascendente y lavado con aire

La cantidad de agua usada en el lavado no deberá sobrepasar el **3.5%** del agua filtrada producida.

La expansión del lecho filtrante cuando solo se lava con agua, deberá encontrarse en los siguientes límites:

Mínima: **10%** (solo para el material mas grueso)

Máxima: **50%**

Promedio: **20 a 30%**

e).- *Tasa de Lavado*

Tasa de retrolavado: **0.6 a 1.2** $m^3 / (m^2 \cdot \text{min})$ (**10 a 20** $l / s / m^2$)

f).- *Métodos para aplicar agua de lavado.*

Las aguas de lavado podrán provenir de:

Tanque Elevado:

Deberá tener una capacidad suficiente para lavar consecutivamente dos unidades, por un periodo de 8 minutos a las máximas tasas de lavado previstas.

Ubicación del tanque, la altura del tanque sobre el nivel del lecho filtrante se calculara teniendo en cuenta que el caudal de diseño debe llegar hasta el borde superior de la canaleta de lavado, por lo cual deberán considerarse todas las pérdidas de carga sobre esta y el tanque.

El equipo de bombeo deberá tener la capacidad adecuada para asegurar el suministro oportuno del volumen de agua que se necesita para hacer los lavados que requiera por día.

El tanque deberá estar provisto de un sistema automático de control de niveles y sistema de rebose y desagüe.

Sistema de Bombeo Directo:

Este sistema es muy vulnerable cuando las condiciones de operación y mantenimiento no son adecuadas y como la eficiencia de los filtros

depende de las bondades del sistema de lavado, no se deberá considerar este tipo de solución cuando existan condiciones desfavorables.

El lavado se hará por inyección directa de agua bombeada desde un tanque enterrado o cisterna. Deberá considerarse en forma especial las condiciones de golpe de ariete, caudal y altura dinámica de las bombas.

Deberán considerarse por lo menos 2 bombas, cada una de ellas tendrá capacidad para bombear la totalidad del caudal de lavado, con una carga hidráulica mínima, considerando las pérdidas de carga hasta el borde superior de la canaleta de lavado.

Las bombas seleccionadas deberán adecuarse a las tasas de lavado mediante el uso de dispositivos reguladores de presión y caudal.

g).- Sistema de recolección del agua lavado

En el sistema del canal principal y canaletas deberán cumplirse las siguientes condiciones.

La distancia entre los bordes de dos canaletas contiguas no debe exceder 2.1 m.

El fondo de las canaletas deberán estar, por lo menos, 5 a 10 cm. sobre el lecho filtrante expandido en su elevación máxima.

La capacidad de descarga de las canaletas deberá calcularse para la velocidad máxima de lavado previsto, considerando 30% de sobrecarga, el borde libre mínimo en la canaleta debe ser de 0.10 m.

h).- Sistema de drenaje

Diseño:

Deberá recoger agua filtrada y distribuir el agua de lavado en la forma mas uniforme posible, para ello es necesario que el agua ingrese a todo lo ancho del filtro, no se permitirá el ingreso concentrado en un punto, ya

que favorece diferencias extremas en la distribución, y por tanto la expansión del lecho filtrante.

Tipo de Sistema:

Se deberá seleccionar sistemas confiables, resistentes, eficientes, que puedan ser construidos localmente y que además sean económicos, que logren una uniforme distribución del flujo en el lecho filtrante, aceptándose una desviación menor o igual a 5%, esto se logra cuando:

$$\frac{nA_L}{A_C} \leq 0.46 \quad , \text{donde:}$$

AC: sección transversal del falso fondo.

AL: sección de los orificios de distribución del drenaje.

n: número de orificios del sistema

Perdida de carga:

Se calculara para el sistema de drenaje adoptado las perdidas de carga tanto para la tasa de filtración como para el lavado.

h).- Sistema de control de los filtros-Tasa declinante de filtración

Los filtros con tasa declinante se controlan mediante vertederos. La operación será automática.

3.14.2 Diseño de Filtros

Caudal de Diseño: $Q = 26.59 \text{ l/s} = 2297.38 \text{ m}^3/\text{d}$, caudal de diseño.

Tasa de Lavado: $V_L = 1.20 \text{ (} 0.60\text{-}1.20 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{min}))$

Tasa de Filtración: $V_F = 260 \text{ (} 180\text{-}300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día}))$

a).- El área de cada filtro

$$A_F = \frac{Q}{V_L} = \frac{0.02659 \text{ m}^3 / \text{s}}{1.2 \text{ m} / \text{min}} = \frac{0.02659 \times 60}{1.20} = 1.32 \text{ m}^2$$

b).- El área total de filtros

$$A_T = \frac{Q}{V_F} = \frac{0.02659 \times 86400}{260} = 8.84 m^2$$

c).- El número de filtros (N)

$$N = \frac{A_T}{A_F} = \frac{8.84}{1.32} = 6.7 \approx 7.0$$

Antracita:

- Dureza :3.0 a 3.7 escala de Mohs
- Gravedad especifica :1.6
- Porosidad :0.40
- Factor de forma :7
- Porosidad expandida :0.6 a 25% de expansión

Arena:

Tamaño correspondiente al 1% no menor 0.5 del tamaño correspondiente al 10%.

Correspondiente de uniformidad menor 1.7

Tamaño correspondiente al 99% no menor a 2mm. o 4 veces el tamaño correspondiente al 10%

Debe satisfacer también a la siguiente graduación granulométrica:

Porcentaje de material que pasa	Abertura de malla
84 a 99	1.68 – 1.19 mm.
49 a 84	0.84 mm.
14 a 39	0.59 mm.
2 a 6	0.42 mm.
0 a 1	0.30 mm.

Deberá cumplir las especificaciones standard de densidad, contenido de solubles, perdidas por ignición, etc.

Grava:

Elementos redondeados de no menos de 3.5 de gravedad específica.
Porosidad en cada estrato no debe ser menor de 35% ni mayor de 45%

Deberá cumplir la siguiente graduación por capa o estrato:

Espesor estrato	Abertura de malla
15 cm.	1/2" a 3/4"
10 cm.	1/4" a 1/2"
10 cm.	1/8" a 1/4"
10 cm.	Malla N° 10 (2mm.) a 1/8"

3.15.- SALA DE CLORACION

Establece las condiciones de aplicación del cloro como agente desinfectante para el agua, su dosificación y extracción de cilindros.

3.15.1 Requisitos:

a).- Demanda de cloro

Deberá determinarse por ensayos correspondientes.

b).-Cloro residual

El efluente de la planta deberá tener por lo menos 1 ppm. de cloro residual o el necesario para que en el punto mas alejado de la red exista no menos de 0.2 ppm.

c).- Tiempo de Contacto

Se aceptara como mínimo entre 5 a 10 minutos. Siendo deseable un tiempo total de 30 minutos.

d).- Cloradores

En todos los casos se considera un mínimo de 2 unidades para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.

- De Alimentación Directa

La presión máxima en el punto de aplicación no debe exceder de 1.0 Kg./cm^2 (15 lb./pulg^2). Su operación es poco confiable y solo deberá considerarse cuando no se disponga de energía eléctrica o línea de agua a presión.

- De aplicación en solución al vacío

El agua de dilución debe aplicarse a una presión suficiente para vencer las pérdidas de carga de tubería, pérdida de carga en el inyector y la contrapresión en el punto de aplicación. La concentración de la solución de cloro no será mayor de 3500 mg/l de cloro.

e).-Extracción de cloro en cilindros

La extracción máxima de cloro para cilindros de 68 Kg. y 1000 Kg. es de 16 Kg/día y 180 Kg/día , respectivamente.

f).-Compuestos de Cloro

Hipocloritos, se podrán utilizar como desinfectante los compuestos de cloro tales como el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.

Hipocloradores, estos productos siempre se aplicaran en solución. Se utilizara preferentemente dosificadores de orificio de carga constante, para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.

g).-Requerimientos de instalación

Tuberías que conducen gas cloro, pueden utilizarse tuberías de acero, cobre o materiales plásticos resistentes a la acción química del cloro gas seco.

Tuberías de conducción de soluciones cloradas, se utilizara tuberías resistentes a la acción corrosiva del cloro gas húmedo o soluciones de hipoclorito. Esta recomendación incluye a los accesorios, válvulas y difusores que se encuentran en la línea. Puede ser PVC, teflón, etc.

h).-Toda instalación de cloración deberá contar con una balanza para el control del cloro existente.

i).-Seguridad

Toda estación de cloración deberá contar con equipos de seguridad personal para fugas de cloro gas. Estos podrán ser mascarar antigas o sistema de aire comprimido.

Los equipos de protección deberán estar ubicados fuera de la caseta de cloración, muy cercanos a ella.

3.15.2 Calculo del Cloro- Compuesto de Cloro

a).- Dosis Máxima (DM): 2 mg/l

Dosis Mínima (Dm): 1 mg/l

$$\text{Dosis Promedio} = D = \frac{DM + Dm}{2} = 1.50 \text{ mg/l}$$

b).- Tiempo de almacenamiento: 90 días.

Caudal de Diseño (Q): 26.59 l/s.

Peso requerido del Cloro en el Periodo de almacenamiento

$$w = Q \times T \times D = 26.59 \times 90 \times 86400 \times 1.50 / 1000 = 295 \text{ Kg}$$

c).- Peso del cilindro (P)= 67 Kg.

$$\text{Numero de cilindros : } N = \frac{w}{P} = \frac{295}{67} = 4.4 \text{ cilindros}$$

d).- Área de Cilindros: 0.071 m²

$$A_t = 1.25 \times A_c \times N = 1.25 \times 0.071 \times 4.4 = 0.39 \text{ m}^2$$

CONCLUSIONES

- Luego del estudio de la planta de tratamiento, se concluye que esta es capaz de satisfacer la demanda actual de agua, si se toma en cuenta las ampliaciones, implementaciones y mejoramiento de las unidades de tratamiento cumpliendo con los requerimientos de diseño para un eficiente funcionamiento de la planta de tratamiento.
- Los costos de inversión (usados para implementar el proyecto) de la planta de tratamiento es ligeramente menor respecto a la alternativa de pozo tubular. Los costos de operación y mantenimiento es mayor en la planta debido a los coagulantes, realizando la evaluación con los indicadores se obtiene el índice Costo Efectividad (ICE) menor con la alternativa del pozo tomándose como la mejor alternativa.
- Para estimar la demanda de agua para consumo humano se consideró las dotaciones correspondientes de la población estudiantil, el colegio piloto, las áreas verdes y otros servicios así como un porcentaje de pérdida en tuberías, aplicando el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma IS.010), esto con un horizonte de proyecto de 10 años que es lo recomendado por el SNIP.
- Es importante la aplicación de los floculantes al inicio del resalto hidráulico, con la finalidad de generar una mezcla homogénea.
- Es importante la aplicación del sistema de recolección y lavado de lodos en el decantador tratando de evitar la formación de bolas de lodo y lograr el mejor comportamiento y la máxima eficiencia.
- El grado de tratamiento se determinó en función a la calidad de agua cruda en el punto de toma del canal de irrigación.
- Debido al nuevo caudal de diseño de 26.59 l/s será necesario la implementación de un tanque desarenador, reubicación del mezclador

hidráulico tipo rampa muy cercano al floculador, construir un nuevo floculador, implementar una zona de recolección y lavado de lodos, implementar 02 filtros rápidos.

- Se realizó el estudio de la oferta hídrica midiendo el caudal en el canal de irrigación en la toma existiendo el balance hídrico, será necesario realizar más mediciones del caudal en época de estiaje para ver si es necesario implementar un tanque de almacenamiento de agua cruda para mantener dicho balance.
- La velocidad de sedimentación en el floculador existente varia entre 0.39-0.45 m/s, que se encuentra fuera de lo recomendable (generalmente oscila entre 0.1 a 0.3 m/s), generando un tiempo de retención corto de 8.8 a 10.3 minutos no trabajando eficientemente la unidad.

RECOMENDACIONES

- Ubicar las ampliaciones de unidades en zonas no inundables, zonas no vulnerables a huaycos como la quebrada Santo Domingo.
- Realizar mensualmente los análisis de calidad de agua que determinen sus características físicas, químicas y biológicas tanto del afluente, en la toma del canal de irrigación, así como al finalizar el proceso de tratamiento luego de la desinfección.
- Es necesario trabajar con mano de obra calificada en algunas áreas de la planta de tratamiento como: área de control de dosificación de floclantes y desinfectantes, control de caudales, bombas, válvulas, limpieza de unidades para que el sistema funcione correctamente.
- Es importante implementar la sala de cloración para que cumpla con los requerimientos de caudal de diseño y normas.
- Es recomendable la implementación del cerco perimétrico que impida el acceso de personas extrañas.

BIBLIOGRAFIA

1. Arboleda J., Vargas; Manual de tratamiento de agua potable; Programa de Educación de Ingeniería Sanitaria; Ven 6400, 1969.
2. BLASA; Expediente Técnico – Estudio Integral de la Red de Agua y Desagüe de la Universidad Nacional de Educación; Lima, Perú, 1997.
3. Blume Roberto; Proyecto de la Planta de Agua Potable de El Imperial Cañete; Dirección General de Obras Sanitarias – Ministerio de Vivienda Perú; Lima, Perú, 1998.
4. CAPECO; Reglamento Nacional de Edificaciones, Editorial Grupo Universitaria; Lima, Perú, 2006.
5. CEPIS; Tecnología de Tratamiento de agua para países en desarrollo, 1977.
6. ESAPI E.I.R.L.; Estudio Integral del Servicio de Agua Potable de la Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”; Lima, Perú, 1997.
7. León Ruiz, Gilberto; “Construc Soft” Software para la Elaboración de Presupuestos; Versión Omega; Lima, Perú, 2003.
8. Ministerio de Economía y Finanzas; Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública; Resolución Directoral N° 002-2007-EF/68.01”; Lima, Perú, 2007.
9. Ministerio de Economía y Finanzas, Paredes Kuriyama, José Manuel; Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito de Pequeñas Ciudades, a nivel de Perfil; Edición N°1, Ministerio de Economía y Finanzas; Lima, Perú, 2007.
10. Reza García, Clemente; Válvulas y Accesorios en tuberías; Edición N°2, Editorial Mc Graw-Hill; Madrid, España, 1986.
11. Rodrigo Mújica, Mónica; Análisis Económico de tarifación de Agua Potable mediante un modelo de simulación; Edición N°2, Pontificia Universidad Católica de Chile; Santiago, Chile, 1981.
12. Romero Rojas, Jairo Alberto; Potabilización del Agua; Edición N°3 Alfaomega Grupo Editor, México-1999.

13. Sapag Chain, Nassir; Preparación y Evaluación de Proyectos; Edición N°4, Editorial Mc. Graw - Hill Interamericana S.A.; Santiago, Chile, 2000.
14. SEDAPAL; Especificaciones Técnicas; Lima, Perú, 2006.
15. Vargas de Cánepa, Lidia; Plantas de Tratamiento de Filtración Rápida; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS/OPS; Lima, Perú, 2004.

ANEXO 01

Cuadros de diseño de unidades de la planta de tratamiento

CUADRO 1.- DISEÑO DEL DESARENADOR

DISEÑO DE DESARENADOR			
CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO	NORMA OS-020 (VALORES RECOMENDADOS)
Caudal de Diseño (l/s) (Dato)		26.59	
Particulas de Diametro promedio (mm)		0.1	
Viscosidad Cinematica cm ² /s a 20°C		1.0105 x 10 ⁻²	
Densidad Relativa Ps		2.65	
Velocidad de Sedimentacion (cm/s) Prof. Util (asumido-actual)(m)	$V_s = \frac{g(P_s - P)D^2}{18\mu}$	0.889	
Tiempo de Sedim (t) (s)	$t = \frac{H}{V_s}$	112.37	1.00 - 5.00
Eficiencia remocion del 90% de particulas		3.50	
Periodo de Retencion (T) (min)	$T = t \times e .60$	6.55	5'-10'
Volumen minimo del Tanque (m3)	$V = Q \times T$	11.00	
Area de la Superficie o Seccion transversal (m2)	$A = V \times H$	11.00	
Carga Superficial maxima		8.89 l/s/m2	
Ancho del Desarenador(B) asumiendo(m)		2.45	
Longitud del Desarenador(L) (m) Según Normas, el Valor de L	$L = A \times B$	4.50	
Borde libre		0.20	$3 \leq \frac{L}{B} \leq 4$
Velocidad Horizontal o de traslacion (mm/s)	$V_h = \frac{Q}{A_s} = \frac{0.02659}{2.45 \times 7.5}$	1.447	$V_h \leq 0.25m/s$
Razon entre Velocidad de Sedimentacion y Velocidad horizontal	$\frac{V_s}{V_h} = \frac{0.889}{0.145} = 6.13$	6.13	<20
Velocidad Critica (mm/s)	$V_C = 125(P_s - P)^{1/2} D^{1/2}$	160.6	$V_h \leq V_c/3$

CUADRO 2.- DISEÑO DE LA MEZCLA RAPIDA

DISEÑO DE MEZCLA RAPIDA			
CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO	NORMA 0S-020 (VALORES RECOMENDADOS)
Caudal de Diseño (l/s) (Dato)		26.59	
Eo: Energia Inicial		0.5	
Caudal Unitario: (q) (m ³ /s/m)	$q = Q/anchc$	0.0532	
Ec. Energia	$E_1 = E_0 = \frac{q}{V_1} + \frac{V_1^2}{2g}$		
Velocidad antes del resalto	$V_1 = 2\sqrt{\frac{2gE_0}{3}} \cos\left(\frac{\theta}{3}\right)$		
Solucion de Ec. Anterior	$\cos \theta = -\frac{gq}{\left(\frac{2gE_0}{3}\right)^{1.5}}$	-0.0883	
Velocidad antes del resalto (m/s)	$V_1 = 2\sqrt{\frac{2gE_0}{3}} \cos\left(\frac{\theta}{3}\right)$	3.07	
Prof. antes del resalto (m)	$h_1 = \frac{q_1}{V_1}$	0.0173	
Numero de Froude	$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{3.07}{\sqrt{9.8 \times 0.0173}}$	7.50	4.5 - 9.0
Prof. despues del resalto (m)	$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1+8F_1^2} - 1 \right)$	0.175	
Energia hidraulica o perdida de carga (Belanger)	$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$	0.320	
Longitud del Resalto (Smetana)	$L = 6(h_2 - h_1)$	0.95	
Velocidad despues del resalto (m/s)	$V_2 = \frac{q}{h_2}$	0.304	
Tiempo de Mezcla	$T = \frac{L}{V_2}$	3.13	0.1 - 5.0
Gradiente de Velocidad (s-1)	$G = \sqrt{\frac{gh_p}{\mu T}}$	995.74	700 - 1300

CUADRO 3.- DISEÑO DEL FLOCULADOR

DISEÑO DEL FLOCULADOR			
CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO	NORMA OS-020 (VALORES RECOMENDADOS)
Caudal de Diseño (l/s) (Dato)		26.59	
Periodo de Floculación: (Asumido)		20'	10' - 30'
Viscosidad Cinematca:		1.0105 x 10 ⁻² cm ² /s	
Velocidad de Flujo (m/s)		0.2	0.1 a 0.3
Longitud recorrida	$L = Vxt$	240.00	
Volumen del Floculador (m ³)	$V = Qxt$	31.91	
Altura de Agua (m)	H	0.40	
Area Mojada (m ²)	$A = V / L$	0.1329	
Distancia entre pantallas o baffles(m)	$B = A / H$	0.33	
Ancho de Pantalla (plancha fibrocemento)		0.015	
Ancho de Vueltas	$D=1.50xB$	0.50	
Ancho de Camara de Floculación		9.50	
Numero de Pantallas	$N = L / A_{FLOCULADOR}$	26.00	
Longitud Interior de cam. de floculación (m)		8.95	
Perdida por Fricción (m)	$h_f = \frac{(Vxn)^2 L}{R^{4/3}} = \frac{(Vn)^2 L}{(A/P)^{4/3}}$	0.0292	
Perdida de carga en los cambios (m)	$h = \frac{3(N-1)xV^2}{2g}$	0.153	
Perdida Total	$H = h_f + h$	0.1821	
Gradiente de Velocidad (s ⁻¹)	$G = \sqrt{\frac{gH}{vt}}$	37.56	70-20

CUADRO 4.- DISEÑO DEL DECANTADOR

DISEÑO DEL DECANTADOR			
CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO	NORMA OS-020 (VALORES RECOMENDADOS)
Caudal de Diseño (l/s) (Dato)		26.59	
Carga Superficial (CS): m ³ /m ² .dia (Asumido)		20	15 - 60
Tiempo de Retencion (horas)		2	1.5 - 5.0
Velocidad de Sedimentacion (cm/s)			<0.55
Volumen del Sedimentador (m ³)	$V = Qxt$	191.45	
Area Superficial (As) (m ²)	$A_s = Q / CS$	115.00	
Area de cada Tanque (As/2) (m ²)		57.50	
Ancho(a) (m)	$a = \left(\frac{A}{2}\right)^{1/2}$	5.40	longitud/ancho=2/1
Longitud(l) (m)	$l = \left(\frac{A}{a}\right)$	10.65	l/a=<2/1 - 5/1>
Prof. del Agua (m)	$h = \frac{V}{axl} = \frac{191.45 / 2}{5.4 \times 10.65}$	1.66	l/h=<5/1 - 20/1>
Volumen de Lodos (m ³)	$V_{lodos} = 20\% V$	19.15	(10 - 20)%
Altura de Lodos (m)	$h_{LODOS} = \left(\frac{V}{A}\right)$	0.33	
Prof del Tanque (m)	H=prof. del agua + borde libre + alt. de lodos (1.66+0.3+0.4)	2.40	
Velocidad Horizontal (cm/s)	$V_h = \frac{100 \times Q}{axh}$	0.15	<0.55
El área de flujo para una velocidad de paso de 15 cm/s (velocidad máxima del flujo a través de los orificios para prevenir la rotura del floculo) es:(cm ²)	$area = \frac{2297.38 / 2}{86400 \times 0.15}$	890	
Tasa de recoleccion de vertederos (l/s)		2	1.3 - 3.0
Longitud del Vvertedero (m)	$L_v = \frac{Q}{V_{rec}}$	13.30	
Diam. Minimo de Valvulas de descargas (mm)		150.00	150.00

ANEXO 02

Panel fotográfico Situación actual

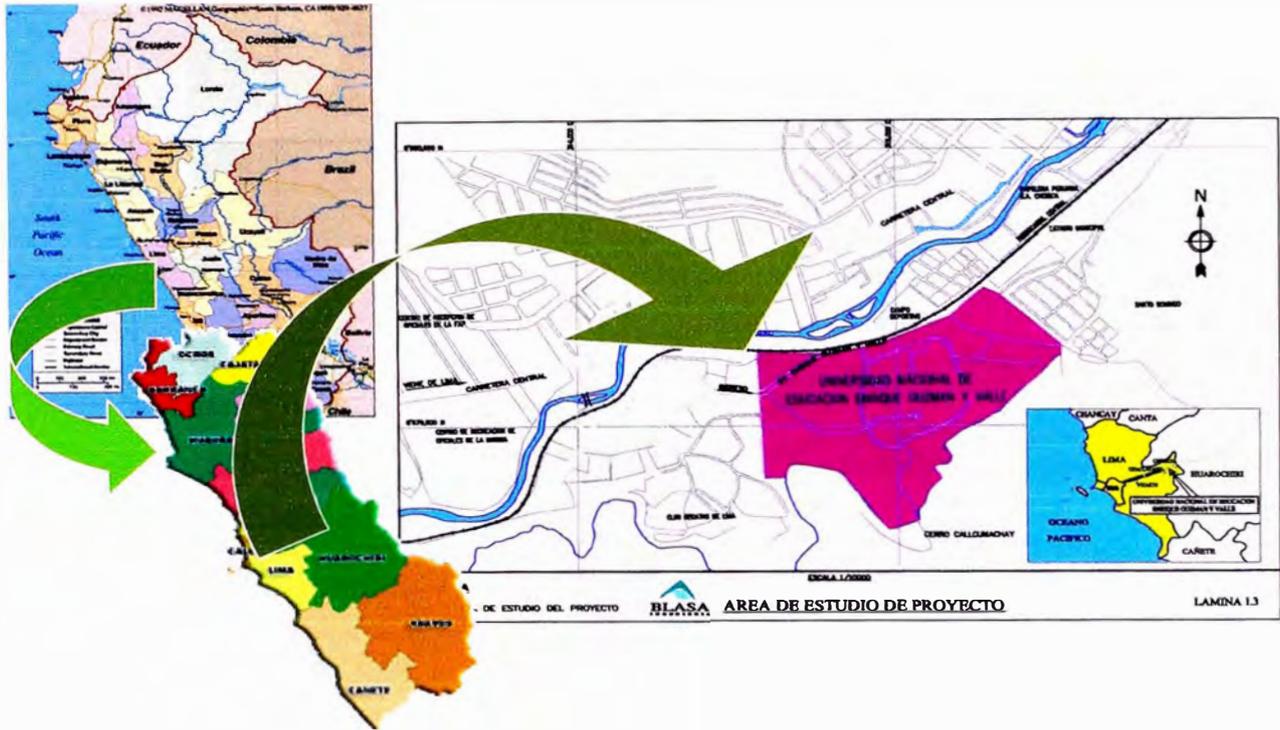


Foto N°1.- Localización de la zona de estudio – Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”



Foto N°2.- Canal de Irrigación – Captación de Aguas



Foto N°3.- Desarenadores estáticos (3)



Foto N°4.- Canal de Conducción desde los desarenadores al floculador



Foto N°5.- Flocculador de flujo horizontal y Decantadores estáticos (2)



Foto N°6.- Filtros rápidos a presión (5)

ANEXO 03

**Normas Vigentes: OS.020 “Planta
de Tratamiento de Agua para
Consumo Humano”**

**NORMA OS.020
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO**

Artículo 1°.- OBJETIVO

El objeto de la norma es, el de establecer criterios básicos de diseño para el desarrollo de proyectos de plantas de tratamiento de agua para consumo humano.

Artículo 2°.- ALCANCE

La presente norma es de aplicación a nivel nacional.

Artículo 3°.- DEFINICIONES

Los términos empleados en esta norma tienen el significado que se expresa:

ABSORCIÓN

Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

ADSORCIÓN

Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

AFLUENTE

Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

AGUA POTABLE

Agua apta para el consumo humano.

ALGICIDA

Compuesto químico utilizado para controlar las algas y prevenir cambios en el olor del agua, debido al crecimiento desmedido de ciertos tipos microscópicos de algas.

BOLAS DE LODO

Resultado final de la aglomeración de granos de arena y lodo en un lecho filtrante, como consecuencia de un lavado defectuoso o insuficiente.

CAJA DE FILTRO

Estructura dentro de la cual se emplaza la capa soporte y el medio filtrante, el sistema de drenaje, el sistema colector del agua de lavado, etc.

CARGA NEGATIVA O COLUMNA DE AGUA NEGATIVA

Pérdida de carga que ocurre cuando la pérdida de carga por colmatación de los filtros supera la presión hidrostática y crea un vacío parcial.

CARRERA DE FILTRO

Intervalo entre dos lavados consecutivos de un filtro, siempre que la filtración sea continua en dicho intervalo. Generalmente se expresa en horas.

CLARIFICACIÓN POR CONTACTO

Proceso en el que la floculación y la decantación, y a veces también la mezcla rápida, se realizan en conjunto, aprovechando los flóculos ya formados y el paso del agua a través de un manto de lodos.

COAGULACIÓN

Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador.

COLMATACIÓN DEL FILTRO

Efecto producido por la acción de las partículas finas que llenan los intersticios del medio filtrante de un filtro o también por el crecimiento biológico que retarda el paso normal del agua.

EFLUENTE

Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

FILTRACIÓN

Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

FLOCULACIÓN

Formación de partículas aglutinadas o flóculos. Proceso inmediato a la coagulación.

FLOCULADOR

Estructura diseñada para crear condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener flóculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generan en el lecho filtrante.

FLÓCULOS

Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante.

LEVANTAMIENTO SANITARIO

Evaluación de fuentes de contaminación existentes y potenciales, en términos de cantidad y calidad, del área de aporte de la cuenca aguas arriba del punto de captación.

MEDIDOR DE PÉRDIDA DE CARGA O COLUMNA DE AGUA DISPONIBLE

Dispositivo de los filtros que indica la carga consumida o la columna de agua disponible durante la operación de los filtros.

MEZCLA RÁPIDA

Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

PANTALLAS (BAFFLES O PLACAS)

Paredes o muros que se instalan en un tanque de floculación o sedimentación para dirigir el sentido del flujo, evitar la formación de cortocircuitos hidráulicos y espacios muertos.

PARTÍCULAS DISCRETAS

Partículas en suspensión que al sedimentar no cambian de forma, tamaño ni peso.

PARTÍCULAS FLOCULENTAS

Partículas en suspensión que al descender en la masa de agua, se adhieren o aglutinan entre sí y cambian de tamaño, forma y peso específico.

PRESEDIMENTADORES

Unidad de sedimentación natural (sin aplicación de sustancias químicas) cuyo propósito es remover partículas de tamaño mayor a 1 μ .

SEDIMENTACIÓN

Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad.

TASA DE APLICACIÓN SUPERFICIAL

Caudal de agua aplicado por unidad de superficie.

TASA CONSTANTE DE FILTRACIÓN

Condición de operación de un filtro en la que se obliga a éste a operar a un mismo caudal a pesar de la reducción de la capacidad del filtro por efecto de la colmatación.

TASA DECLINANTE DE FILTRACIÓN

Condición de operación de un filtro en el que la velocidad de filtración decrece a medida que se colmata el filtro.

TRATAMIENTO DE AGUA

Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

TURBIEDAD DE ORIGEN COLOIDAL

Turbiedad medida en una muestra de agua luego de un período de 24 horas de sedimentación.

Artículo 4°.- OBJETIVO DEL TRATAMIENTO

El objetivo del tratamiento es la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua de bebida hasta los límites establecidos en las Normas Nacionales de Calidad de Agua vigentes en el país.

Artículo 5°.- ALCANCE

Esta norma establece las condiciones que se deben exigir en la elaboración de proyectos de plantas de tratamiento de agua potable de los sistemas de abastecimiento público.

Artículo 6°.- REQUISITOS

a) Tratamiento

Deberán someterse a tratamiento las aguas destinadas al consumo humano que no cumplan con los requisitos del agua potable establecidos en las Normas Nacionales de Calidad de Agua vigentes en el país.

En el tratamiento del agua no se podrá emplear sustancias capaces de producir un efluente con efectos adversos a la salud.

b) Calidad del agua potable

Las aguas tratadas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las NORMAS NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA vigentes en el país.

c) Ubicación

La planta debe estar localizada en un punto de fácil acceso en cualquier época del año.

Para la ubicación de la planta, debe elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima del nivel de máxima creciente del curso de agua.

En la selección del lugar, se debe tener en cuenta la factibilidad de construcción o disponibilidad de vías de acceso, las facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica, las disposiciones relativas a la fuente y al centro de consumo, el cuerpo receptor de descargas de agua y la disposición de las descargas de lodos. Se debe dar particular atención a la naturaleza del suelo a fin de prevenir problemas de cimentación y construcción, y ofrecer la posibilidad de situar las unidades encima del nivel máximo de agua en el subsuelo.

No existiendo terreno libre de inundaciones, se exigirá por lo menos, que:

1. Los bordes de las unidades y los pisos de los ambientes donde se efectuará el almacenamiento de productos químicos, o donde se localizarán las unidades básicas para el funcionamiento de la planta, estén situados por lo menos a 1 m por encima del nivel máximo de creciente.
2. La estabilidad de la construcción será estudiada teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del presente Reglamento.
3. Las descargas de aguas residuales de los procesos de tratamiento (aguas de limpieza de unidades, aguas de lavado de filtros, entre otros), de la planta, deberá considerarse en el proyecto, bajo cualquier condición de nivel de crecida.

d) Capacidad

La capacidad de la planta debe ser la suficiente para satisfacer el gasto del día de máximo consumo correspondiente al período de diseño adoptado.

Se aceptarán otros valores al considerar, en conjunto, el sistema planta de tratamiento, tanques de regulación, siempre que un estudio económico para el periodo de diseño adoptado lo justifique.

En los proyectos deberá considerarse una capacidad adicional que no excederá el 5% para compensar gastos de agua de lavado de los filtros, pérdidas en la remoción de lodos, etc.

e) Acceso

El acceso a la planta debe garantizar el tránsito permanente de los vehículos que transporten los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua.

En el caso de una planta en que el consumo diario global de productos químicos exceda de 500 Kg, la base de la superficie de rodadura del acceso debe admitir, por lo menos, una carga de 10 t por eje, es decir 5 t por rueda, y tener las siguientes características:

- Ancho mínimo : 6 m
- Pendiente máxima : 10%
- Radio mínimo de curvas : 30 m

En el caso de que la planta esté ubicada en zonas inundables, el acceso debe ser previsto en forma compatible con el lugar, de modo que permita en cualquier época del año, el transporte y el abastecimiento de productos químicos.

f) Área

El área mínima reservada para la planta debe ser la necesaria para permitir su emplazamiento, ampliaciones futuras y la construcción de todas las obras indispensables para su funcionamiento, tales como portería, estaciones de bombeo, casa de fuerza, reservorios, conducciones, áreas y edificios para almacenamiento, talleres de mantenimiento, patios para estacionamiento, descarga y maniobra de vehículos y vías para el tránsito de vehículos y peatones.

El área prevista para la disposición del lodo de la planta no forma parte del área a la que se refiere el párrafo anterior.

Cuando sean previstas residencias para el personal, éstas deben situarse fuera del área reservada exclusivamente para las instalaciones con acceso independiente.

Toda el área de la planta deberá estar cercada para impedir el acceso de personas extrañas. Las medidas de seguridad deberán ser previstas en relación al tamaño de la planta.

g) Construcción por etapas

Las etapas de ejecución de las obras de construcción en los proyectos que consideren fraccionamiento de ejecución, deberá ser, por lo menos, igual a la mitad de la capacidad nominal, y no mayores de 10 años.

Artículo 7º.- DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

- a) Deberá efectuarse un levantamiento sanitario de la cuenca
- b) Para fines de esta norma, se debe considerar los siguientes tipos de aguas naturales para abastecimiento público.

Tipo I: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas, con características básicas definidas en el cuadro 1 y demás características que satisfagan los patrones de potabilidad.

Tipo II-A: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas, con características básicas definidas en el cuadro 1 y que cumplan los patrones de potabilidad mediante un proceso de tratamiento que no exija coagulación.

Tipo II-B: Aguas superficiales provenientes de cuencas, con características básicas definidas en el cuadro 1 y que exijan coagulación para poder cumplir con los patrones de potabilidad.

Cuadro 1

¡Error! Marcador no definido. Parámetro	TIPO I	TIPO II - A	TIPO II - B
DBO _{media} (mg/L)	0 - 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 5
DBO _{máxima} (mg/L)	3	4	5
* Coliformes totales	< 8,8	< 3000	< 20000
* Coliformes termoresistentes (+)	0	< 500	< 4000

- * En el 80% de un número mínimo de 5 muestras mensuales.
 - (+) Anteriormente denominados coliformes fecales.
- c) El tratamiento mínimo para cada tipo de agua es el siguiente:

Tipo I: Desinfección

Tipo II-A: Desinfección y además:

- Decantación simple para aguas que contienen sólidos sedimentables, cuando por medio de este proceso sus características cumplen los patrones de potabilidad, o
- Filtración, precedida o no de decantación para aguas cuya turbiedad natural, medida a la entrada del filtro lento, es siempre inferior a 40 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), siempre que sea de origen coloidal, y el color permanente siempre sea inferior a 40 unidades de color verdadero, referidas al patrón de platino cobalto.

Tipo II-B: Coagulación, seguida o no de decantación, filtración en filtros rápidos, y desinfección.

Artículo 8º.- DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO Y DE LOS SISTEMAS DE CONEXIÓN

Las unidades deben ser dispuestas de modo que permitan el flujo del agua por gravedad, desde el lugar de llegada del agua cruda a la planta, hasta el punto de salida del agua tratada.

Cualquier unidad de un conjunto agrupado en paralelo debe tener un dispositivo de aislamiento que permita flexibilidad en la operación y mantenimiento.

No se permitirá diseños con una sola unidad por proceso. Podrá exceptuarse de esta restricción los procesos de mezcla rápida y floculación.

El número de unidades en paralelo deberá calcularse teniendo en cuenta la sobrecarga en cada una de las restantes, cuando una de ellas quede fuera de operación.

Las edificaciones del centro de operaciones deben estar situadas próximas a las unidades sujetas a su control.

El acceso a las diferentes áreas de operación o de observación del desarrollo de los procesos debe evitar al máximo escaleras o rampas pronunciadas. Estos deberán permitir el rápido y fácil acceso a cada una de las unidades.

El proyecto debe permitir que la planta pueda ser construida por etapas, sin que sean necesarias obras provisionales de interconexión y sin que ocurra la paralización del funcionamiento de la parte inicialmente construida.

La conveniencia de la ejecución por etapas se debe fijar, teniendo en cuenta factores técnicos, económicos y financieros.

El dimensionamiento hidráulico debe considerar caudales mínimos y máximos para los cuales la planta podría operar, teniendo en cuenta la división en etapas y la posibilidad de admitir sobrecargas.

Artículo 9º.- ALCANCE DE LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TRATAMIENTO

Establece los factores que se deberán considerar para determinar el grado de tratamiento del agua para consumo humano.

Artículo 10º.- ESTUDIO DEL AGUA CRUDA

Para el análisis de las características del agua cruda se deberán tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Estudio de la cuenca en el punto considerado, con la apreciación de los usos industriales y agrícolas que puedan afectar la cantidad o calidad del agua.
- b) Usos previstos de la cuenca en el futuro, de acuerdo a regulaciones de la entidad competente.
- c) Régimen del curso de agua en diferentes períodos del año.
- d) Aportes a la cuenca e importancia de los mismos, que permita realizar el balance hídrico.

Artículo 11°.- PLAN DE MUESTREO Y ENSAYOS

Se debe tener un registro completo del comportamiento de la calidad del agua cruda para proceder a la determinación del grado de tratamiento. Este registro debe corresponder a por lo menos un ciclo hidrológico.

La extracción de muestras y los ensayos a realizarse se harán según las normas correspondientes (métodos estándar para el análisis de aguas de la AWWA de los Estados Unidos. Será responsabilidad de la empresa prestadora del servicio el contar con este registro de calidad de agua cruda y de sus potenciales fuentes de abastecimiento.

Artículo 12°.- FACTORES DE DISEÑO

En la elección del emplazamiento de toma y planta, además de los ya considerados respecto a la cantidad y calidad del agua, también se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- a) Estudio de suelos.
- b) Topografía de las áreas de emplazamiento.
- c) Facilidades de acceso.
- d) Disponibilidad de energía.
- e) Facilidades de tratamiento y disposición final de aguas de lavado y lodos producidos en la planta.

Artículo 13°.- FACTORES FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Los factores fisicoquímicos y microbiológicos a considerar son :

- a) Turbiedad
- b) Color
- c) Alcalinidad
- d) pH
- e) Dureza
- f) Coliformes totales
- g) Coliformes Fecales
- h) Sulfatos
- i) Nitratos
- j) Nitritos
- k) Metales pesados
- l) Otros que se identificarán en el levantamiento sanitario

Artículo 14°.- TIPOS DE PLANTA A CONSIDERAR

Dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas como meta de calidad del efluente de la planta, el ingeniero proyectista deberá elegir el tratamiento más económico con sus costos capitalizados de inversión, operación y mantenimiento. Se establecerá el costo por metro cúbico de agua tratada y se evaluará su impacto en la tarifa del servicio.

Para la eliminación de partículas por medios físicos, pueden emplearse todos o algunos de las siguientes unidades de tratamiento:

- a) Desarenadores;
- b) Sedimentadores;
- c) Prefiltros de grava; y

d) Filtros lentos.

Artículo 15°.- ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS MEDIANTE TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

Para la eliminación de partículas mediante tratamiento fisicoquímico, pueden emplearse todos o algunas de las siguientes unidades de tratamiento:

- a) Desarenadores;
- b) Mezcladores;
- c) Floculadores o acondicionadores del floculo;
- d) Decantadores; y
- e) Filtros rápidos.

Con cualquier tipo de tratamiento deberá considerarse la desinfección de las aguas como proceso terminal.

Artículo 16°.- DISEÑO

Una vez determinadas las condiciones del agua cruda y el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:

- a) Estudio de factibilidad, el mismo que tiene los siguientes componentes:
- b) Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del curso de agua.
- c) Inventario de usos y vertimientos.
- d) Determinación de las variaciones de caudales de la fuente.
- e) Selección de los procesos de tratamiento y sus parámetros de diseño.
- f) Predimensionamiento de las alternativas de tratamiento.
- g) Disponibilidad del terreno para la planta de tratamiento.
- h) Factibilidad técnico-económica de las alternativas y selección de la alternativa más favorable.

Artículo 17°.- DISEÑO

El diseño definitivo de la planta, que comprende

- a) Dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta.
- b) Diseños hidráulico-sanitarios.
- c) Diseños estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos.
- d) Planos y memoria técnica del proyecto.
- e) Presupuesto referencial.
- f) Especificaciones técnicas para la construcción.
- g) Manual de puesta en marcha y procedimientos de operación y mantenimiento.

Según el tamaño e importancia de la instalación que se va a diseñar se podrán combinar las etapas de diseño señaladas tanto en el artículo 16° como en el presente artículo, previa autorización de la autoridad competente.

Artículo 18°.- NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Los estudios de factibilidad técnico económica son de carácter obligatorio.

El diseño preliminar deberá basarse en registros de calidad de agua de, por lo menos, un ciclo hidrológico. En caso de que dichos registros no existan, el diseño se basará en el estudio de los meses más críticos, es decir, es los meses más lluviosos, según las características de la cuenca.

Con la información recolectada se procederá a determinar las bases del diseño de la planta de tratamiento de agua. Para el efecto, se considerará un horizonte de diseño entre 10 y 20 años, el mismo que será debidamente justificado ante la autoridad competente. Las bases del diseño consisten en determinar para las condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros:

- a) Población total y servida por el sistema
- b) Caudales promedio y máximo diario.

Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a seleccionar los procesos de tratamiento que se adecuen a la calidad de la fuente en estudio. Se tendrá especial consideración a la remoción de microorganismos del agua. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad y se reducirá al mínimo la mecanización y automatización de las unidades a fin de evitar al máximo la importación de partes y equipo.

Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para el agua cruda, se procederá al predimensionamiento de alternativas, utilizando los parámetros de diseño específicos para la calidad de agua a tratar, determinados a nivel de laboratorio o de planta piloto, dependiendo de la capacidad de la instalación. En esta etapa se determinará el número de unidades de los procesos a ser construidas en las diferentes fases de implementación y otras instalaciones de la planta de tratamiento, como tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. De igual forma, se determinarán rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario para las diferentes fases.

En el estudio de factibilidad técnico-económica se analizarán las diferentes alternativas en relación al tipo de tecnología, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en condiciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Para el análisis económico se considerarán los costos directos, indirectos, de operación y de mantenimiento de las alternativas, para analizarlos de acuerdo a un método de comparación apropiado. Se determinará en forma aproximada, el monto de las tarifas por concepto de tratamiento. Con la información antes indicada, se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

Artículo 19°.- NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

El propósito de los estudio de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de seguridad. Entre los trabajos que se pueden realizar a este nivel se encuentran:

- a) Estudios adicionales de caracterización del curso de agua que sean requeridos.
- b) Estudios geológicos, geotécnicos y topográficos.
- c) Estudios de tratabilidad de las aguas, mediante simulación de los procesos en el laboratorio o el uso de plantas a escala de laboratorio o a escala piloto, cuando el caso lo amerite.
- d) Estudios geológicos y geotécnicos requeridos para los diseños de cimentaciones de las diferentes unidades de la planta de tratamiento.
- e) En sistemas de capacidad superior a 5 m³/s, los estudios de tratabilidad deben llevarse a cabo en plantas a escala piloto con una capacidad de alrededor de 40-60 m³/día. El tipo, tamaño y secuencia de los estudios se determinarán de acuerdo a condiciones específicas.
- f) Estudios de impacto ambiental con las acciones de mitigación de los impactos negativos identificados.
- g) Estudios de vulnerabilidad a desastres naturales frecuentes en la zona.

Todo proyecto de plantas de tratamiento de agua potable, deberá ser elaborado por un Ingeniero Sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

En el expediente técnico del proyecto, además de lo indicado en el artículo 23° de la presente Norma, se debe incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones de los elementos constructivos, acordes con las normas técnicas de edificación (estructuras).

La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento de agua potable, deberá especificarse en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas relativas a Tuberías y Accesorios.

Artículo 20°.- DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS DEFINITIVOS

Para el diseño definitivo de una planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- a) Levantamiento topográfico detallado de la zona en donde se ubicarán las unidades de tratamiento.
- b) Estudios de desarrollo urbano y/o agrícola que puedan existir en la zona seleccionada para el tratamiento.
- c) Datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluidos los datos del nivel freático.
- d) Datos hidrológicos del cuerpo de agua, incluidos los niveles máximos de inundación.
- e) Registros de la calidad de agua a tratar.
- f) Resultados de los ensayos de tratabilidad.
- g) Datos climáticos de la zona.
- h) Disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica (horas de servicio, costo, entre otros).
- i) Disponibilidad y confiabilidad en el suministro de sustancias químicas.

Artículo 21°.- DOCUMENTOS

El diseño definitivo de una planta de tratamiento de agua para consumo humano consistirá de dos documentos:

- a) Estudio definitivo
- b) Expediente técnico.

Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

Artículo 22°.- ESTUDIO DEFINITIVO

Los documentos a presentarse en el estudio definitivo comprenden:

- a) Memoria técnica del proyecto
- b) La información señalada en el artículo 20° de la presente Norma
- c) Dimensionamiento de los procesos de tratamiento
- d) Resultados de la evaluación de impacto ambiental y de vulnerabilidad ante desastres.
- e) Manual preliminar de operación y mantenimiento. Este documento deberá contener:
 - Una descripción de los procesos de tratamiento y de sus procedimientos de operación inicial;
 - Una descripción de los procesos de tratamiento y de sus procedimientos de operación normal;
 - Relación del personal administrativo y de operación y mantenimiento que se requiera, con sus calificaciones y entrenamientos mínimos;

- La descripción de la operación de rutina de los procesos de la planta, la misma que incluirá un plan de mediciones, registros de datos de campo y análisis que se requiera para el adecuado control de los procesos de tratamiento. En la misma forma se deben describir las acciones de evaluación intensiva en los procesos;
- La descripción de la operación de la planta en condiciones de emergencia;
- La descripción de acciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones de obra civil y equipos mecánicos, eléctricos e instrumental.

El manual de operación y mantenimiento definitivo será elaborado por el supervisor de la planta con esta información básica y los ajustes necesarios detectados en la evaluación de la puesta en marcha.

Artículo 23º.- EXPEDIENTE TECNICO

El expediente técnico deberá contener:

- a) Planos a nivel de ejecución de obra, dentro de los cuales, sin carácter limitante debe incluirse:
 - Planimetría general de la obra, ubicación de las unidades de tratamiento e instalaciones existentes;
 - Diseños hidráulicos sanitario: de los procesos e interconexiones entre procesos, los cuales comprenden planos de planta, cortes perfiles hidráulicos y demás detalles constructivos;
 - Planos estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
 - Planos de obras generales como obras de protección, caminos, arreglos interiores, laboratorios, vivienda del operador, caseta de guardiana, cercos perimétricos, entre otros.
- b) Memoria descriptiva
- c) Especificaciones técnicas
- d) Análisis de costos unitarios
- e) Metrados y presupuestos
- f) Fórmulas de reajustes de precios
- g) Documentos relacionados con los procesos de licitación, adjudicación, supervisión, recepción de obra y otros que el organismo competente considere de importancia.

Artículo 24º.- PRETRATAMIENTO

El pretratamiento constituye los criterios que se utilizarán para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento y estructuras complementarias. Los valores que se incluyen son referenciales y están basados en el estado del arte de la tecnología de tratamiento de agua para consumo humano y podrán ser modificadas por el proyectista previa presentación, a la autoridad competente, de la justificación sustentatoria basada en investigaciones y el desarrollo tecnológico. Los resultados de las investigaciones realizadas en el nivel local podrán ser incorporadas a la norma cuando ésta se actualice.

Artículo 25°.- CAMARA DE REJAS

Esta unidad normalmente es parte de la captación o de la entrada del desarenador. El diseño se efectúa en función del tamaño de los sólidos que se desea retener, determinándose según ello la siguiente separación de los barrotes:

- a) Separación de 50 a 100 mm cuando son sólidos muy grandes. Esta reja normalmente precede a una reja mecanizada.
- b) Separación de 10 a 25 mm desbaste medio.
- c) Separación de 3 a 10 mm: desbaste fino.

La limpieza de las rejillas puede ser manual o mecánica, dependiendo del tamaño e importancia de la planta, o de la llegada intempestiva de material capaz de producir un atascamiento total en pocos minutos.

La velocidad media de paso entre los barrotes se adopta entre 0,60 a 1 m/s, pudiendo llegar a 1,40 m/s, con caudal máximo.

Las rejillas de limpieza manual se colocan inclinadas a un ángulo de 45° a 60° . Se debe considerar una superficie horizontal con perforaciones en el extremo superior de la reja con la finalidad de escurrir el material extraído.

Debe preverse los medios para retirar los sólidos extraídos y su adecuada disposición.

Artículo 25°.- DESARENADORES

Los requisitos que deben de cumplir los desarenadores son los siguientes:

a) Remoción de partículas

- Aguas sin sedimentación posterior. Deberá eliminarse 75% de las partículas de 0,1 mm de diámetro y mayores.
- Aguas sometidas a sedimentación posterior deberá eliminarse 75% de la arena de diámetro mayor a 0,2 mm.

Deberá proyectarse desarenadores cuando el agua a tratar acarree arenas. Estas unidades deberán diseñarse para permitir la remoción total de estas partículas

b) Criterios de diseño

- El período de retención deber estar entre 5 y 10 minutos.
- La razón entre la velocidad horizontal del agua y la velocidad de sedimentación de las partículas deber ser inferior a 20.
- La profundidad de los estanques deberá ser de 1,0 a 3,0 m.
- En el diseño se deberá considerar el volumen de material sedimentable que se deposita en el fondo. Los lodos podrán removerse según procedimientos manuales o mecánicos.
- Las tuberías de descarga de las partículas removidas deberán tener una pendiente mínima de 2%.
- La velocidad horizontal máxima en sistemas sin sedimentación posterior será de 0,17 m/s. y para sistemas con sedimentación posterior será de 0,25 m/s.
- Deberá existir, como mínimo, dos unidades.

Artículo 26°.- PRESEDIMENTADORES

Los criterios de diseño a seguir para los presedimentadores son los siguientes:

- a) Este tipo de unidades deben ser consideradas en el diseño de una planta cuando es posible obtener remociones de turbiedad de por lo menos 50%, o cuando la turbiedad de la fuente supera las 1,500 UNT.
- b) El tiempo de retención debe definirse en función de una prueba de

sedimentación. Normalmente el tiempo en el cual se obtiene la máxima eficiencia varía de 1 a 2 horas.

- c) En el dimensionamiento de la unidad se emplearán los criterios indicados para unidades de sedimentación sin coagulación previa.

Artículo 27°.- AERADORES

Sirven para remover o introducir gases en el agua. Pueden ser utilizados en la oxidación de compuestos solubles y remoción de gases indeseables.

Los dispositivos de aeración admitidos son:

- a) Plano inclinado formado por una superficie plana con inclinación de 1:2 a 1:3, dotado de protuberancias destinadas a aumentar el contacto del agua con la atmósfera.
- b) Bandejas perforadas sobrepuestas, con o sin lecho percolador, formando un conjunto de, por lo menos, cuatro unidades.
- c) Cascadas constituidas de por lo menos, cuatro plataformas superpuestas con dimensiones crecientes de arriba hacia abajo.
- d) Cascadas en escalera, por donde el agua debe descender sin adherirse a las superficies verticales.
- e) Aire comprimido difundido en el agua contenida en los tanques.
- f) Tanques con aeración mecánica.
- g) Torre de aeración forzada con anillos "Rashing" o similares.
- h) Otros de comprobada eficiencia.

La conveniencia de usar un determinado tipo de aerador y la tasa de diseño respectiva, preferentemente, deberán ser determinados mediante ensayos de laboratorio.

Artículo 28°.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS AERADORES

Si no hay posibilidad de determinar tasas de aplicación mediante ensayos, los aeradores pueden ser dimensionados utilizando los siguientes parámetros:

- a) **Aeradores** conforme a los incisos a), b), c) y d) del artículo 27° de la presente Norma.
Admiten, como máximo, 100 metros cúbicos de agua por metro cuadrado de área en proyección horizontal/día.
- b) **Aerador por difusión de aire.**
Los tanques deben tener un período de retención de, por lo menos, cinco minutos, profundidad entre 2,5 y 4,0 m, y relación largo/ancho mayor de 2.
El aerador debe garantizar la introducción de 1,5 litros de aire por litro de agua a ser aerada, próxima al fondo del tanque y a lo largo de una de sus paredes laterales.
- c) **Aerador mecánico**
El tanque debe presentar un período de retención de, por lo menos, cinco minutos, profundidad máxima de 3,0 m, y relación largo/ancho inferior a 2.
El aerador mecánico debe garantizar la introducción de, por lo menos, 1,5 litros de aire por litro de agua a ser aerada.

En el caso de dimensionamiento, la instalación debe ser por etapas; la primera servirá para definir las tasas reales de aplicación.

Las tomas de aire para aeración en tanques con aire difundido no pueden ser hechas en lugares que presenten impurezas atmosféricas perjudiciales al proceso de tratamiento. Deben estar protegidas con filtros o tela metálica de acero inoxidable o de latón y el sistema mecánico para la producción de aire no puede ser del tipo que disipe el aceite en el aire a ser comprimido.

Artículo 29°.- SEDIMENTADORES SIN COAGULACIÓN PREVIA

Los criterios de diseño de los sedimentadores sin coagulación previa son los siguientes:

- a) Las partículas en suspensión de tamaño superior a $1\mu\text{m}$ deben ser eliminadas en un porcentaje de 60 %. Este rendimiento debe ser comprobado mediante ensayos de simulación del proceso.
- b) La turbiedad máxima del efluente debe ser de 50 U.N.T. y preferiblemente de 20 U.N.T.
- c) La velocidad de sedimentación deberá definirse en el ensayo de simulación del proceso.
- d) El período de retención debe calcularse en el ensayo de simulación del proceso y deberá considerarse un valor mínimo de 2 horas.
- e) La velocidad horizontal debe ser menor o igual a 0,55 cm/s. Este valor no debe superar la velocidad mínima de arrastre
- f) La razón entre la velocidad horizontal del agua y la velocidad de sedimentación de las partículas deberá estar en el rango de 5 a 20.
- g) La profundidad de los tanques, al igual que para los desarenadores, debe variar de 1,5 a 3,0 m.
- h) La estructura de entrada debe comprender un vertedero a todo lo ancho de la unidad y una pantalla o cortina perforada.
- i) La estructura de salida deberá reunir las condiciones indicadas en el inciso j) del artículo 51° de la presente Norma.
- j) La longitud del tanque deberá ser de 2 a 5 veces su ancho en el caso de sedimentadores de flujo horizontal.
- k) Se deberá considerar en el diseño, el volumen de lodos producido, pudiéndose remover éstos por medios manuales, mecánicos o hidráulicos. La tasa de producción de lodos debe ser determinada en ensayos de laboratorio, o mediante estimaciones con el uso de criterios existentes que el proyectista deberá justificar ante la autoridad competente.
- l) El fondo del tanque debe tener una pendiente no menor de 3%.

Artículo 30°.- PREFILTROS DE GRAVA

Los prefiltros de grava son unidades de pretratamiento a los filtros lentos. Su uso se aplica cuando la calidad del agua supera las 50 UNT. Esta unidad puede reducir la turbiedad del efluente de los sedimentadores o sustituir a éstos.

Artículo 31°.- PREFILTROS VERTICALES MÚLTIPLES DE FLUJO DESCENDENTE

- a) Deberán diseñarse como mínimo dos unidades en paralelo
- b) La turbiedad del agua cruda o sedimentada del afluente deberá ser inferior a 400 UNT.
- c) Deberá considerar como mínimo tres compartimientos con una altura de grava de 0,50 m cada uno.
- d) El diámetro de la grava decreciente será de 4 cm y 1 cm, entre el primer y el último compartimiento. La grava debe ser preferentemente canto rodado.
- e) Las tasas de filtración deben variar entre 2 a $24 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$, en razón directa al diámetro de la grava y a la turbiedad del afluente.
- f) La turbiedad del efluente de cada compartimiento se puede determinar por la ecuación:

$$TF = T_o \cdot e^{-(1,15VF)}$$

Donde: TF = Turbiedad efluente (UNT)

To = Turbiedad afluente (UNT)

VF = Tasa de filtración (m/h)

- g) Debe diseñarse un sistema hidráulico de lavado de cada compartimiento con tasas de 1 a 1,5 m/min.

Artículo 32º.- PREFILTRO VERTICAL DE FLUJO ASCENDENTE

- a) La turbiedad del agua cruda o sedimentada del afluente deberá ser inferior a 100 UNT.
- b) La tasa de filtración máxima es $24 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$. Las tasas mayores deberán ser fundamentadas con estudios en unidades piloto. En estas condiciones se puede lograr hasta 80% de remoción total de partículas.
- c) El lecho filtrante debe estar compuesto de 3 capas, dos de grava y una de arena de 0,30 m de espesor cada una.
- d) El tamaño del material filtrante más grueso, en contacto con la capa soporte, debe variar entre 0,64 a 1,27 cm. El tamaño de material de la segunda capa será de 0,24 a 0,48 cm, y finalmente la capa de arena gruesa en la superficie tendrá un diámetro variable entre 0,14 a 0,20 cm.
- e) Para obtener una distribución uniforme del flujo, el drenaje debe estar conformado por troncos de cono invertidos con difusores llenos de grava de tamaño variable entre 1,9 y 3,8 cm.
- f) El sistema de recolección debe estar conformado por tubos de 100 mm de diámetro (4"), con orificios de 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ "), ubicados a 0,40 m por encima del lecho filtrante.
- g) Cualquier otra combinación de diámetros de material, tasas de velocidad y límites de turbiedad afluente, deberá ser fundamentada con ensayos en unidades piloto.
- h) Debe diseñarse un sistema hidráulico de lavado de cada compartimiento, con tasas de lavado de 1 a 1,5 m/min.

Artículo 33º.- PREFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL

- a) La turbiedad del agua cruda o sedimentada del afluente deberá ser inferior a 300 UNT o, como máximo, de 400 UNT.
- b) Deberá considerarse como mínimo 3 compartimientos.
- c) El diámetro del material debe ser de 1 a 4 cm, y variará de mayor a menor tamaño en el sentido del flujo.
- d) Las tasas de velocidad máximas deben variar entre 12 y 36 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$. Las tasas mayores acortan las carreras y reducen proporcionalmente la remoción de microorganismos. Con las características indicadas y con una tasa de 14 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ se obtienen eficiencias de remoción de coliformes fecales de hasta 99% .
- e) La longitud del prefiltro puede variar entre 5 y 10 m. Cada tramo, con diferente granulometría de grava, debe estar confinado entre tabiques para facilitar el mantenimiento de la unidad. La longitud de cada compartimiento se puede determinar por la siguiente ecuación

¡Error! Marcador no definido.

$$L = \frac{\ln(T_f / T_0)}{\lambda}$$

Donde:

- L = Longitud del compartimiento, m
T_f = Turbiedad del efluente, UNT
T₀ = Turbiedad del afluente, UNT
 λ = Módulo de impedimento, m⁻¹

- f) Las condiciones diferentes a las indicadas deben ser fundamentadas con ensayos en unidades piloto.
- g) Debe diseñarse un sistema hidráulico de lavado de cada compartimiento, con tasas de lavado de 1 a 1,5 m/min.

Artículo 34°.- FILTROS LENTOS DE ARENA

Los Filtros Lentos de Arena deben de cumplir con los siguientes requisitos generales:

- a) La turbiedad del agua cruda, sedimentada o prefiltrada del afluente deberá ser inferior a 50 UNT, se podrán aceptar picos de turbiedad no mayores de 100 UNT por pocas horas (no más de 4).
- b) Cuando la calidad de la fuente exceda los límites de turbiedad indicados en el artículo anterior y siempre que ésta se encuentre en suspensión, se deberá efectuar un tratamiento preliminar mediante sedimentación simple y/o prefiltración en grava, de acuerdo a los resultados del estudio de tratabilidad.
- c) El valor máximo del color deber ser de 30 unidades de la escala de platino-cobalto.
- d) El filtro lento debe proyectarse para operar las 24 horas en forma continua, para que pueda mantener se eficiencia de remoción de microorganismos. La operación intermitente debilita al zooplancton responsable del mecanismo biológico debido a la falta de nutrientes para su alimentación.
- e) La tasa de filtración deber estar comprendida entre 2 y 8 m³/(m².día).
- f) Cuando el único proceso considerado sea el filtro lento, se adoptarán velocidades de 2 a 3 m³/(m².día) .
- g) Cuando las aguas procedan de lagunas, embalses o se esté considerando tratamiento preliminar, se podrán emplear tasas de hasta 5 a 8 m³/(m².día). El límite máximo sólo se deberá admitir cuando se puedan garantizar excelentes condiciones de operación y mantenimiento.
- h) Se debe tener un mínimo de dos unidades, las que deberán estar interconectadas a través de la estructura de salida para que se pueda llenar en forma ascendente, después de cada operación de limpieza (raspado), por el filtro colindante en operación.
- i) La estructura de entrada a la unidad debe considerar:
 - Instalaciones para medir y regular el caudal en forma sencilla, mediante vertedero triangular o rectangular, antecedido de una válvula, o compuerta, para regular el flujo de ingreso y un aliviadero para eliminar excesos.
 - Un canal que distribuya equitativamente el caudal a todas las unidades.
 - Compuertas o válvulas para aislar las unidades.
- j) Lecho filtrante
 - La grava se colocará en tres capas, la primera de 15 cm , con tamaños de 19 a 50 mm, seguida de dos capas de 5 cm de espesor cada una, con tamaños de 9,5 mm a 19 mm y de 3 mm a 9,5 mm, respectivamente. No debe colocarse grava en zonas cercanas a las paredes o a las columnas.
 - El espesor de la arena deberá ser de 80 a 100 cm. El valor mínimo considerado, después de raspados sucesivos durante la operación de limpieza, será de 50 cm.
 - El tamaño efectivo de la arena debe estar entre 0,2 a 0,3 mm, y el coeficiente de uniformidad no mayor de 3.
- k) Caja de filtro

Los filtros podrán ser circulares o rectangulares y el área máxima deberá ser de 50 m² cuando la limpieza se efectúe en forma manual. Las paredes verticales o inclinadas y el acabado en el tramo en el que se localiza el lecho filtrante, debe ser rugoso para evitar cortocircuitos.

- l) El sistema de drenaje, podrá ser :
- Drenes formados por un colector principal y un número adecuado de ramales laterales. La pérdida de carga máxima en este sistema no deberá ser mayor que el 10% de la pérdida de carga en la arena, cuando ésta se encuentra con su altura mínima (50 cm) y limpia. Este sistema es apropiado para unidades de sección circular.
 - Canales formados por ladrillos colocados de canto y asentados con mortero, cubiertos encima con otros ladrillos colocados de plano (apoyados en su mayor superficie) y separados con ranuras de 2 cm, que drenan hacia un colector central. Con este tipo de drenaje se consigue una recolección uniforme del flujo en toda la sección y la pérdida de carga es prácticamente nula. Es apropiado para unidades de sección rectangular y cuadrada.
- m) La altura máxima de agua en la caja de filtro deberá ser de 0,80 a 1,0 m.
- n) La estructura de salida deberá estar conformada por :
- Un vertedero de salida de agua filtrada, ubicado a 0,10 m por encima del nivel del lecho filtrante para evitar que la película biológica quede sin la protección de una capa de agua. Este vertedero descargará hacia una cámara de recepción de agua filtrada.
 - Un aliviadero para controlar el nivel máximo en la caja del filtro. Este vertedero, además, indicará el término de la carrera de filtración y el momento de iniciar la operación de raspado. Los filtros lentos pueden operar con nivel variable sin menoscabo de su eficiencia. Este vertedero rebasará hacia una cámara de desagüe.
 - Una regla graduada dentro de la caja del filtro, haciendo coincidir el cero de la regla con el nivel del vertedero de salida para controlar la pérdida de carga. A medida que el nivel se incrementa se podrá leer conjuntamente la pérdida de carga inicial y la pérdida de carga por colmatación.
 -

Artículo 35°.-COAGULANTES Y SUSTANCIAS QUÍMICAS

Establece la determinación de la calidad y cantidad de coagulante requerida por el agua cruda, dosificación y almacenamiento.

Artículo 36°.- COAGULANTES EMPLEADOS

El proyectista deberá sustentar ante la autoridad competente el coagulante a utilizar.

- a) Se determinará, para cada tipo de agua a tratar, mediante ensayos de laboratorio de pruebas de jarras..
- b) Se recomienda, en general, el uso de sales metálicas, especialmente compuestos de Al^{3+} o Fe^{3+} .

Artículo 36°.- CANTIDAD DE COAGULANTES

La cantidad de coagulante a dosificar será determinada mediante ensayos de laboratorio con el agua a tratar. Se recomienda, como el método más eficaz, el sistema de simulación del proceso de coagulación, denominado prueba de jarras.

Deberán determinarse las dosis máximas y mínimas a dosificar para dimensionar las instalaciones de dosificación, considerando los parámetros que optimicen el proceso (pH, alcalinidad, concentración, entre otros).

Preferentemente, deberá elaborarse una correlación de dosis óptima versus turbiedad de agua cruda, la cual deberá incluirse en el manual de operación inicial.

Artículo 37°.- POLIELECTROLITOS

Se acepta el uso de polielectrolitos, siempre que el polímero elegido esté aceptado para su uso en agua potable, de acuerdo a las normas de la entidad competente y ante la ausencia de éstas, las normas internacionales.

Artículo 38°.- DOSIFICACIÓN DE COAGULANTES Y OTRAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

- a) El coagulante siempre deberá ser agregado en solución.
- b) El coagulante, antes de ser aplicado, deberá tener la concentración óptima necesaria para mejorar la eficiencia del proceso. Esta concentración se deberá seleccionar mediante ensayos de laboratorio. Cuando estos ensayos no hayan sido efectuados, la concentración empleada deberá ser de 1 a 2%.
- c) En instalaciones grandes podrá aceptarse que las instalaciones de dosificación produzcan una solución de mayor concentración, pero en este caso deberá preverse una inyección de agua en la tubería de conducción de la solución para diluirla a la concentración óptima, antes del punto de aplicación.
- d) Deben considerarse dos tanques de preparación de solución para un período mínimo de operación de 8 horas, por cada sustancia que se requiera aplicar. Se debe considerar un agitador en cada tanque; en los tanques de preparación de la suspensión de cal, los agitadores deben poder operar en forma continua.
- e) En cada tanque deberán considerarse instalaciones de ingreso de agua filtrada, salida de la solución, a una altura de por lo menos 10 cm del fondo, rebose y desagüe. El fondo del tanque deberá tener una pendiente pronunciada hacia la salida de la tubería de desagüe.
- f) Las tuberías de conducción de las soluciones pueden ser de acero inoxidable, mangueras de goma, plástico o PVC.

Artículo 39°.- DOSIFICADORES

Los equipos deberán seleccionarse con la suficiente flexibilidad para que estén en posibilidad de operar en condiciones extremas de dosificación que requiera la fuente. Estas condiciones extremas se definirán mediante la correlación mencionada en el artículo 36° de la presente Norma. El rango de operación deberá definirse dentro de los siguientes límites:

- a) Rango máximo
Se determinará con la dosis máxima y el caudal máximo a tratar.
 - Dosis máxima: correspondiente a la mayor turbiedad o color representativo de la época de lluvia.
 - Caudal máximo: correspondiente al final del período de diseño.
- b) Rango mínimo
Se determinará en función de la dosis mínima y al caudal de inicio de la primera etapa de diseño.
 - Dosis mínima: correspondiente a la turbiedad o color mínimo que se presente en la fuente.
 - Caudal mínimo: caudal correspondiente al inicio del período de diseño.

Artículo 39°.- TIPO DE DOSIFICADORES

Se utilizarán, preferentemente, sistemas de dosificación en solución por gravedad. Se utilizarán equipos de dosificación en seco, en sistemas grandes ($> 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) y sólo en poblaciones en donde se pueda garantizar suministro eléctrico confiable y suficientes recursos disponibles para su adecuada operación y mantenimiento.

En los dosificadores en seco (gravimétricos o volumétricos) el tanque de solución debe tener un periodo de retención mínimo de 5 a 10 min, cuando está operando con el rango máximo, para permitir una adecuada polimerización del coagulante, antes de su aplicación.

Los dosificadores en solución, preferentemente deberán ser de los que operan bajo el principio de orificio de carga constante. Este tipo de dosificador puede ser diseñado y fabricado localmente. Se deberá efectuar un cuidadoso control de la exactitud del sistema de graduación de la dosificación y de la calidad de los materiales que garanticen la duración del sistema en adecuadas condiciones de operación y mantenimiento.

Todos los tanques de solución y los dosificadores deben estar interconectados.

Artículo 40°.- PLURALIDAD DE EQUIPOS

En todos los casos se considerará un mínimo de dos equipos. Si se emplean torres de disolución, no será necesario tener unidades de reserva.

Artículo 41°.- ALMACENAMIENTO

El almacén de los productos químicos debe tener capacidad para una reserva comprendida entre un mes y seis meses. Dependiendo de la ubicación y características de la planta, deberá contar además con facilidades para la carga y descarga de los productos.

En relación al almacén, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El área neta deberá ser calculada considerando el consumo promedio de la sustancia a almacenar.
- b) El área del almacén deberá incluir un área de corredores perimetrales y centrales, para tener acceso a las diversas ramas de material y poder programar su empleo, de acuerdo al orden de llegada, esto es, primero el más antiguo.
- c) El nivel del piso del almacén debe estar por lo menos a 1 m por encima del nivel de la pista de acceso, para facilitar la descarga del material y protegerlo de las inundaciones. La puerta de entrada al almacén debe tener no menos de 1.6 m de ancho.
- d) Las pilas de material deben colocarse sobre tarimas de madera.
- e) Las ventanas sólo se ubicarán en la parte superior de los muros (ventanas altas)
- f) Los almacenes de sustancias químicas deben proyectarse siempre en la primera planta, para no recargar las estructuras del edificio de operaciones de la casa de químicos. En el caso de utilización de dosificadores en seco, en que el ingreso a las tolvas puede estar ubicado en el segundo o tercer piso del edificio, considerar un montacargas y un área de almacenamiento para 24 horas, al lado de las bocas de cargas de las tolvas.
- g) Cada sustancia química deberá tener un almacén especial o bien se deberá delimitar cada área con tabiques en un almacén común.

Artículo 41°.- MEZCLA RÁPIDA

Establece el tiempo, gradiente de velocidad de mezcla y forma de obtener una distribución uniforme y rápida del coagulante en toda la masa de agua.

Si las características topográficas e hidráulicas de la planta lo permiten, sólo deberán usarse dispositivos de mezcla hidráulicos. Cualquiera que sea el dispositivo elegido, se debe garantizar una mezcla completa y casi instantánea.

Las unidades de mezcla deberán ubicarse lo más cerca posible de la entrada de la unidad de floculación; deben evitarse los canales de interconexión largos.

La estructura de interconexión entre la mezcla rápida y el floculador (canal, orificio, vertedero, etc.) no debe producir un gradiente de velocidad mayor de 100 s^{-1} ni menor que el del primer tramo del floculador.

Deben empalmarse correctamente las líneas de flujo entre la unidad de mezcla y el floculador (aplicar la ecuación de Bernoulli) para evitar represar el resalto en el mezclador o producir una caída brusca del nivel de agua en el floculador.

En los casos en los que se requiera aplicar un polímero como ayudante de coagulación, la aplicación debe ser inmediatamente posterior a la aplicación del coagulante de sal metálica y en un punto en el que tenga una intensidad de agitación de 400 a 600 s^{-1} para que se disperse sin que se rompan las cadenas poliméricas.

El uso de cualquier otro dispositivo de mezcla, deberá ser justificado ante la autoridad competente, tomando en cuenta el mecanismo mediante el cual coagule el agua (adsorción o barrido) y las condiciones de mezcla rápida.

En el caso de que la fuente tenga estacionalmente ambos comportamientos (adsorción y barrido) se diseñará la unidad para las condiciones más críticas, es decir, para las épocas de coagulación por adsorción.

Artículo 42°.- MEZCLA RÁPIDA EN MEZCLADORES DE FLUJO A PISTÓN

En mezcladores de flujo a pistón, el cálculo hidráulico debe ser, en cada caso, el siguiente:

- a) Seleccionar las características geométricas del tipo de unidad elegida: canaleta Parshall, plano inclinado (rampa), vertedero rectangular sin contracciones o triangular, dependiendo del caudal de diseño. La canaleta Parshall sólo se recomienda para caudales mayores de 200 l/s. Los vertederos rectangulares son recomendables para caudales menores a 100 l/s, y los triangulares para caudales menores a 50 l/s.
- b) Comprobar si se cumplen las condiciones hidráulicas para que la mezcla sea adecuada:
 - Número de Froude de 5 a 9 (salto estable). En caso de canaleta Parshall, el número de Froude es de 2 a 3 (salto no estable).
 - Gradiente de velocidad de 700 a $1,300 \text{ s}^{-1}$.
 - Tiempo de retención instantáneo de menos de 0,1 a 5 s como máximo.
 - Modificar la geometría de la unidad hasta que se consigan condiciones de mezcla apropiadas. Los mezcladores del tipo de resalto hidráulico son ideales para aguas que mayormente coagulan por el mecanismo de adsorción.

Artículo 43°.- MEZCLA RÁPIDA EN MEZCLADORES DE RESALTO HIDRAULICO

En el caso de unidades del tipo de resalto hidráulico la aplicación del coagulante deberá distribuirse uniformemente a todo lo ancho del canal.

Para el uso de difusores en canales de relativa profundidad, éstos deben diseñarse de tal manera que el coagulante se distribuya en toda la sección de flujo. La reducción del área de paso provocada por el difusor, aumentará la velocidad y garantizará las condiciones de mezcla.

Artículo 44°.- MEZCLA RÁPIDA EN MEZCLADORES MECANICOS O RETROALIMENTADORES

En los mezcladores mecánicos o retromezcladores, la aplicación del coagulante debe inyectarse en dirección al agitador. Este tipo de unidades sólo debe usarse en plantas donde el agua coagula mayormente mediante el mecanismo de barrido, ya que en este caso lo más importante son las condiciones químicas de la coagulación (dosis óptima) y no las condiciones de mezcla. Estas unidades no son adecuadas para aguas que coagulan mediante el mecanismo de absorción.

En el diseño de los retromezcladores debe tenerse en cuenta relaciones específicas entre las dimensiones del tanque y el agitador para reducir la formación de espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos. Asimismo, es necesario considerar "baffles" o pantallas para evitar la formación de vórtice.

Los retromezcladores deberán tener un período de retención entre 30 y 45 segundos.

Artículo 45°.- FLOCULACIÓN

- a) En sistemas de más de 50 l/s de capacidad, los parámetros óptimos de diseño de la unidad, gradiente de velocidad (G) y tiempo de retención (T) deberán seleccionarse mediante simulaciones del proceso en el equipo de prueba de jarras.
- b) Para cada tipo de agua deberá obtenerse la ecuación que relaciona los parámetros del proceso, que es de la forma $G^n \cdot T = K$, donde (n) y (K) son específicos para cada fuente y sus variaciones.
- c) En sistemas de menos de 50 l/s de capacidad, se puede considerar un rango de gradientes de velocidad de 70 a 20 s^{-1} y un tiempo de retención promedio de 20 minutos.
- d) Los gradientes de velocidad deberán disponerse en sentido decreciente, para acompañar el crecimiento y formación del floculo.
- e) En todos los casos, el flujo debe ingresar y salir de la unidad mediante vertederos, para mantener constante el nivel de operación.
- f) En todos los casos deberá diseñarse un sistema de desagüe que permita vaciar completamente la unidad.

Artículo 46°.- CRITERIOS PARA LOS FLOCULADORES HIDRÁULICOS DE PANTALLAS

Pueden ser de flujo horizontal o vertical. Las unidades de flujo horizontal son apropiadas para sistemas de menos de 50 l/s de capacidad; en sistemas de capacidad mayor de 100 l/s, se deberá usar unidades de flujo vertical.

Las pantallas deberán ser removibles con tabiques de concreto prefabricados, madera machihembrada, planchas de asbesto-cemento corrugadas o planas, entre otras.

En lugares donde no exista garantía de adecuado nivel de operación y mantenimiento, deberá evitarse el uso de las planchas de asbesto cemento.

Artículo 47°.- UNIDADES DE FLUJO HORIZONTAL

- a) El ancho de las vueltas debe ser 1,5 veces el espacio entre pantallas.
- b) El coeficiente de pérdida de carga en las vueltas (K) debe ser igual a 2.
- c) El ancho de la unidad debe seleccionarse en función de que las pantallas en el último tramo se entrecrucen, por lo menos, en un 1/3 de su longitud.
- d) Se debe diseñar con tirantes de agua de 1 a 3 m, dependiendo del tipo de pantalla.

Artículo 48°.- UNIDADES DE FLUJO VERTICAL

- a) La velocidad en los orificios de paso debe ser 2/3 de la velocidad en los canales verticales.
- b) El gradiente de velocidad en los canales verticales debe ser de alrededor de 20 s^{-1}
- c) La profundidad debe seleccionarse de tal forma que los tabiques del último tramo se entrecrucen, por lo menos, en 1/3 de su altura.
- d) La profundidad de la unidad es de 3 a 5 m. Se recomienda adoptar la misma altura del decantador para obtener una sola cimentación corrida y reducir el costo de las estructuras.
- e) En la base de cada tabique que debe llegar hasta el fondo, se deberá dejar una abertura a todo lo ancho, equivalente al 5% del área horizontal de

cada compartimiento. Esto evita la acumulación de lodos en el fondo y facilita el vaciado del tanque.

- f) Se recomienda que los orificios de paso ocupen todo el ancho del compartimiento para evitar la formación de espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos.

Artículo 49°.- CRITERIOS PARA LOS FLOCULADORES MECÁNICOS

- a) El tiempo de retención (T) deber ser aquel que resulte de la prueba de jarras incrementado en 25 a 50%, dependiendo del número de cámaras seleccionadas. Cuanto menos sea el número de compartimientos, mayor será este porcentaje.
- b) Deberá haber un mínimo de cuatro cámaras en serie separadas por tabiques.
- c) Las aberturas de paso de una cámara a otra deben disponerse alternadamente, una arriba y otra abajo y a todo lo ancho de la cámara para evitar la formación de espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos. El gradiente de velocidad en la abertura de paso deberá ser similar al del compartimiento al que está ingresando el flujo.
- d) Los agitadores, en los floculadores mecánicos deberán tener sistemas de variación de velocidades.
- e) En cámaras con agitadores de paletas de eje horizontal, la distancia entre los extremos de las paletas al fondo y paredes de las cámaras debe estar entre 15 y 30 cm, y la separación de paletas entre dos agitadores consecutivos debe ser de 50 cm como máximo.
- f) En cámaras con agitadores de paletas de eje vertical, la distancia entre los extremos de las paletas y el muro debe ser no menor de 0,15 m y preferiblemente mayor de 0,30 m.
- g) El área de las paletas debe estar entre 10 y 20% del área del plano de rotación de las paletas y la velocidad lineal del extremo de paletas o velocidad angular debe ser de 1,20 m/s en la primera cámara y menor de 0,6 m/s en la última cámara.

Artículo 50°.- SEDIMENTACIÓN CON COAGULACIÓN PREVIA

Son las condiciones generales que deben cumplir los sedimentadores con coagulación previa o decantadores, usados para la separación de partículas floculentas. Estas unidades deben ubicarse contiguas a los floculadores.

Artículo 51°.- SEDIMENTADORES DE FLUJO HORIZONTAL

- a) Tasa superficial: la determinación de la tasa superficial deberá realizarse experimentalmente, simulando el proceso en el laboratorio.
- b) Las tasas superficiales varían entre 15 y 60 m³/(m².día), dependiendo del tamaño de las instalaciones, tipo de operación y tecnología adoptada.
- c) Se debe tener presente que las condiciones de diseño de los sedimentadores dependerán también del tipo de filtros proyectados, por ello, la sedimentación y filtración deben proyectarse como procesos complementarios.
- d) La velocidad media del flujo para el caudal máximo de diseño deberá ser inferior de 0,55 cm/s.
- e) Periodo de retención y profundidad: deberá estar comprendido entre 1 ½ y 5 horas y las profundidades entre 3 y 5 m. En los sedimentadores con dispositivos para la remoción continua de lodo se considerará útil toda la

profundidad. En los sedimentadores sujetos a limpieza periódica, se considerará una parte de la profundidad total como espacio destinado a la acumulación normal de lodos. Se recomienda que el volumen para el almacenamiento de lodos sea 10 a 20% del volumen del sedimentador.

- f) Los sedimentadores serán de forma rectangular :
- La relación largo-ancho deberá estar entre 2 a 1 y 5 a 1.
 - La relación largo-profundidad deberá estar entre 5 a 1 y 20 a 1.
- g) Se deberá adoptar un mínimo de dos unidades, de tal manera que cuando se suspenda una, se pueda seguir operando con la otra. En el diseño se debe tener en cuenta que cuando una unidad sale de operación, las remanentes deben operar con la tasa de diseño seleccionada.
- h) Los conductos o canales de agua floculada deben asegurar una distribución uniforme del flujo a los diversos sedimentadores sin cortocircuitos hidráulicos. En una estructura de distribución se aceptará como máximo una desviación de 5% en el reparto de caudales.
- i) Estructura de entrada
- La estructura de entrada a los sedimentadores debe estar conformada por un vertedero sin contracciones a todo lo ancho de la unidad, seguido de un tabique difusor o cortina perforada para proporcionar una distribución uniforme del flujo en toda la sección.
 - La cortina difusora debe estar ubicada a una distancia no menor de 0,80 m del vertedero de entrada.
 - La cortina difusora deberá tener el mayor número posible de orificios uniformemente espaciados en todo el ancho y la altura útil del decantador; la distancia entre orificios debe ser igual o inferior de 0,50 m y de preferencia deben tener forma circular y aboquillados.
 - El gradiente de velocidad en los orificios no debe ser mayor de $20s^{-1}$.
 - Cuando la unidad no tiene remoción mecánica de lodos, los orificios más bajos deberán quedar a $H/4$ ó $H/5$ de la altura sobre el fondo; los orificios más altos deberán quedar a $H/5$ ó $H/6$ de la altura de la superficie del agua para evitar se produzca un cortocircuito hidráulico con el vertedero de salida.
- j) Sistemas de recolección del agua sedimentada
- Pueden estar conformados por vertederos, canaletas y tubos con orificios.
 - La estructura de salida o sistema de recolección no debe sobrepasar el tercio final de la unidad.
 - Los bordes de los vertederos podrán ser lisos o dentados y ajustables o removibles.
 - Las canaletas tienen por objeto incrementar la longitud de recolección. Pueden colocarse transversal o perpendicularmente al flujo. Sus bordes pueden ser lisos, dentados o con orificios.
 - En lugares donde el viento pueda provocar corrientes preferenciales de flujo, se recomienda la colocación de tabiques deflectores del viento que penetren a poca profundidad dentro del agua. Su ubicación y distribución debe permitir la recolección uniforme por la estructura de salida.
 - Los vertederos deberán tener una longitud tal que la tasa de recolección esté comprendida entre 1,3 a 3 l/s por metro lineal del vertedero.
- k) Sistema de acumulación y extracción de lodos

En los sistemas de limpieza intermitentes, en los que la unidad se retira del servicio para efectuar la operación en forma manual, se deberá tener en cuenta los siguientes criterios:

- La capacidad de las tolvas debe determinarse en función al volumen de lodo producido y la frecuencia de limpieza. La tasa de lodo producido se debe determinar en el laboratorio, mediante las turbiedades máximas y mínimas que se dan en la fuente. Se realizará una prueba de sedimentación y se medirá el volumen de lodos producido en cada caso.
- El tiempo de retención de la tolva depende de la frecuencia de limpieza y ésta de la temperatura local. En climas fríos se puede almacenar el lodo de dos a tres meses sin que adquiera condiciones sépticas; en climas cálidos puede ser hasta de una semana, dependiendo de la temperatura.
- La pendiente de las tolvas en la zona de salida debe ser de 45° a 60°.
- El punto de salida de la tolva debe ubicarse al tercio inicial del decantador que es donde se debe producir la mayor acumulación de lodos.
- En la remoción continua por medios mecánicos, las dimensiones finales y la inclinación del fondo deberán respetar las especificaciones de los fabricantes de equipos.
- Debe incluirse un dispositivo de lavado con agua a presión; los chorros deben atravesar el decantador en su menor dimensión.
- Podrá hacerse la remoción de lodos por medios hidráulicos, mediante descargas hidráulicas periódicas.
- La pérdida de agua por fangos no deberá ser superior a 1% del agua tratada.
- El diámetro mínimo de las válvulas de accionamiento de las descargas de lodo deberá ser de 150 mm.

Artículo 52°.- CLARIFICADORES DE CONTACTO

Los Clarificadores de contacto son sedimentadores de alta tasa y deben de tener las siguientes características:

- a) Se adoptarán tasas superficiales entre 60 y 120 m³/(m².día), las que corresponden a velocidades entre 4 y 8 cm/min.
- b) El período de retención deberá ser de 1 a 2 horas.
- c) La forma de estas unidades es cuadrada, rectangular o circular.
- d) En la entrada: deberán colocarse elementos que permitan producir un ascenso uniforme del flujo y evitar chorros que puedan atravesar el manto de lodos y crear turbulencias.
- e) La recolección del flujo de agua decantada deberá ser uniforme; esto se puede conseguir mediante canales perimetrales o centrales, redes de canaletas (con bordes lisos o dentados), tuberías perforadas, orificios, etc.
- f) La remoción de lodos se podrá hacer de forma manual o automática. La unidad debe tener concentradores de lodos donde se ubicará la tubería de descarga. La pérdida de agua por fangos no debe ser superior de 2% del agua tratada.

Artículo 53°.- SEDIMENTADORES DE PLACAS O TUBULARES

- a) Tasa superficial. La tasa de aplicación a los decantadores se determinará en función de la velocidad de sedimentación de las partículas que deben ser removidas, según la relación :

$$V_s = Q/(f.A)$$

Donde:

- V_s = Velocidad de sedimentación en m/s
 Q = Caudal que pasa para la unidad en m^3/s
 A = Área superficial útil de la zona de decantación en m^2 .
 f = Factor de área, adimensional.

El factor de área para unidades de flujo ascendente está determinado por la expresión:

$$f = [\text{sen}\theta (\text{sen}\theta + L \cos\theta)] / S$$

Donde:

- θ = ángulo de inclinación de las placas o tubos en grados.
 L = Longitud relativa del módulo, mayor o igual a 12, adimensional ($L = l/e$ ó $L = l/d$).
 l = Largo del elemento tubular o de placa, en m.
 d = Diámetro interno de los elementos tubulares, en m.
 e = Espaciamiento normal entre placas paralelas sucesivas, en m.
 S = Factor de eficiencia (1,0 para placas planas paralelas, 4/3 para tubos circulares y 11/8 para tubos cuadrados), adimensional.

La velocidad de sedimentación debe ser determinada mediante ensayos de laboratorio.

La velocidad longitudinal máxima del flujo se calculará por $V_o = (N_R / 8)^{1/2} V_s$, donde N_R : número de Reynolds.

La velocidad máxima del flujo en los módulos debe ser de $V_o = 0.35$ cm/s.

El N_R entre placas tendrá un valor máximo de 500.

- b) El período de retención es menor de 15 minutos.
- c) La unidad puede tener forma rectangular o cuadrada.
- d) Los módulos de sedimentación deberán ser de materiales que resistan largo tiempo bajo el agua y de bajo costo unitario.
- e) Los módulos de placas podrán ser de asbesto-cemento, madera, plástico o tela de polietileno.
- f) Las placas de asbesto-cemento pueden usarse en su dimensión de 2,44 m de ancho por 1,22 de alto. Se podrá emplear espesores de 6 y 8 mm, siempre y cuando hayan sido fabricados con fibra de asbesto larga. En este caso, se debe considerar un apoyo central, además de los laterales.
- g) Las placas de asbesto están expuestas a la corrosión en todos los casos en que el cemento Portland es atacado y, en términos generales, cuando en el agua ELI pH es menor de 6, cuando el contenido de CO_2 libre es mayor de 3,5 mg/l. o cuando el contenido de sulfato como SO_4 , es mayor de 1500 mg/l.
- h) La intensidad de la corrosión depende de cuánto se excedan estos límites, de la temperatura y de la presencia de otros iones. En estos casos deberá usarse otro material o se deberá proteger con una resina epóxica.
- i) Deberá darse preferencia al empleo de placas planas paralelas, con las que se consigue mayor profundidad relativa y, por lo tanto, mayor carga equivalente.
También se podrá emplear lonas de vinilo reforzadas con hilos de poliéster (kp 500), de 0,57 mm de espesor; las lonas se cortarán en segmentos del ancho del tanque y 1,20 m de altura. Cada lona tendrá basta vulcanizada en

sus cuatro lados y refuerzos en los laterales y parte inferior. Se colocarán ojaillos en las cuatro esquinas de la lona para fijar la lona a los perfiles de aluminio convenientemente ubicados en las paredes de la unidad, de tal manera que las lonas se instalen inclinadas a 60° y queden sumergidas bajo 1 m de agua.

- j)** Los módulos de decantación deberán estar inclinados a 60° con respecto a la horizontal.
- k)** El flujo de agua floculada debe distribuirse uniformemente entre los módulos mediante canales y tuberías diseñados con los criterios específicos de distribución uniforme.
- l)** La entrada de agua a los elementos tubulares o de placas inclinadas debe hacerse mediante orificios en canales longitudinales para asegurar una distribución uniforme del agua en toda el área superficial del decantador.
- m)** El ángulo de inclinación de las celdas debe ser de 60° para permitir el deslizamiento de lodos hacia el fondo.
- n)** La distancia entre placas no deberá ser menor de 4 cm. Distanciándola 10 cm en el plano horizontal, se facilita la instalación de las placas y se obtiene una remoción superior al 95%.
Para evitar alteraciones del flujo y arrastre de flóculos, se recomienda que la altura mínima del agua sobre las placas sea de 0.60 m. Esta altura mínima sólo será aceptada si se está transformando un decantador convencional a uno tubular o de placas. En unidades nuevas se debe considerar 1,0 m.
- o)** La recolección del agua decantada puede efectuarse mediante tubos con perforaciones o canaletas instaladas para conseguir una extracción uniforme. La tasa de recolección máxima aceptable es de 3 l/(s.m).
La recolección de agua decantada debe hacerse mediante un sistema de tubos perforados sumergidos o de vertederos de caída libre, a fin de garantizar una colección uniforme a lo largo de los mismos.
- p)** Las canaletas de recolección de agua decantada deben proporcionar un escurrimiento superficial libre. Los bordes de las canaletas deberán ser perfectamente horizontales para que la tasa de recolección sea uniforme; esto se consigue mediante vertederos removibles con láminas sobrepuestas ajustables que pueden ser niveladas durante la operación de puesta en marcha de la unidad. La colocación de estas láminas debe impedir el paso de agua en las juntas con la canaleta.
El nivel máximo del agua en el interior de la canaleta de colección debe situarse a una distancia mínima de 10 cm, debajo del borde del vertedero.
- q)** Los tubos perforados sumergidos deben ser diseñados con criterios de colección equitativa. Los orificios deben ubicarse en la parte superior de los tubos con una carga mínima de 10 cm. Los tubos deberán ser removibles para que puedan ser nivelados y extraídos con facilidad.
- r)** El rango de las tasas de recolección varía entre 1,3 y 3, l/(s.m). El criterio para seleccionar la tasa adecuada se basa en la calidad del floculo; para flóculos livianos y pequeños se recomienda el límite inferior del rango.
La distancia entre las canaletas o tubos de recolección no debe ser superior a dos veces la altura libre del agua sobre los elementos tubulares o sobre la zona de lodos en los decantadores de flujo vertical.
- s)** La remoción de los lodos decantados deberá efectuarse en forma hidráulica. Esto exige que el fondo del decantador sea inclinado con un ángulo superior a 50° , para formar un pozo en forma de tronco de pirámide o de cono invertido, en cuyo extremo inferior debe situarse una abertura de descarga.
- t)** En unidades de más de 5 m de longitud deberán considerarse varias tolvas unidas por un colector diseñado con criterios de colección equitativa.
- u)** Las válvulas de descarga deben situarse en lugares de fácil acceso para su mantenimiento.
- v)** La descarga, cuando es automática, debe tener un dispositivo que permita ajustar su tiempo de funcionamiento a las exigencias operacionales.

- w) La carga de agua disponible para la descarga hidráulica debe ser igual o superior a 1,50 m, la que se incrementa con la suma de las pérdidas de carga en la tubería, desde la entrada hasta el punto de descarga.
Si la carga disponible no alcanza el valor fijado en el ítem anterior, es necesario que se haga la descarga por medio de bombas especiales, debe haber por lo menos dos bombas, una de ellas para reserva.
- x) Las tuberías para descarga de lodo deben ser diseñadas como múltiples de colección uniforme, con tolvas separadas:

* El diámetro (d) de los orificios de descarga se debe calcular con la siguiente expresión:

$$d = \frac{x}{1.162 \sqrt{\frac{H^{0.5}}{V_a}}}$$

Donde:

- x : separación entre orificios de salida en (m) depende del número de tolvas y de las dimensiones de las mismas.
- H : carga hidráulica en (m).
- V_a : Velocidad de arrastre de lodo.

La velocidad mínima de arrastre en los puntos más alejados debe ser del orden de 1 a 3 cm/s.

* El diámetro del colector de lodos (D) se determina mediante la siguiente expresión :

$$D = \frac{d}{\sqrt{\frac{R}{N}}}$$

Donde:

- R : relación de velocidades entre el colector y los orificios de descarga para obtener colección uniforme.
- N : número de orificios o de tolvas.

- y) Debe preverse el destino final de los lodos, teniendo en cuenta disposiciones legales y aspectos económicos.
- z) La turbiedad del agua clarificada deberá ser menor o igual a 5 UNT; se puede aceptar como máximo hasta 10 UNT de turbiedad o, en todo caso, compatible con el tipo de tratamiento posterior.

Artículo 54°.- NUMERO DE UNIDADES DE FILTRACIÓN RÁPIDA

El número de unidades de filtración se determinará mediante un estudio económico o condiciones especiales del proyecto. El número mínimo será de dos unidades.

Artículo 55°.- DIMENSIONES DE LAS UNIDADES FILTRANTES

- a) Profundidad

Será una función de las alturas del sistema de drenaje del medio de soporte y medio filtrante, de la altura de agua sobre el medio filtrante y de la altura de borde libre. La altura de agua sobre el lecho filtrante es variable y depende del tipo de operación del filtro.

- b) Largo y ancho
La relación largo-ancho será determinada por un estudio económico o por las condiciones especiales del proyecto.

Artículo 56°.- FILTROS RÁPIDOS CONVENCIONALES CON LECHO FILTRANTE DE UN SOLO MATERIAL

- a) La tasa de filtración deberá fijarse experimentalmente en una planta de filtros piloto, de acuerdo al tamaño del material empleado y a la profundidad del lecho.
- b) Los valores de la tasa de filtración se encuentran entre los siguientes límites :
- Mínima : $75 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$
 - Máxima : $200 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$
 - Normal : $120 - 150 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$
- c) Capa soporte del medio filtrante :
- El tamaño de la grava debe ser tal que los vacíos o poros en cada capa sean de diámetro menor que el del material de la capa superior. En particular, el tamaño mínimo de la gravilla está fijado por el tamaño máximo de arena. La capa tope deberá estar constituida por gravilla no más fina que 1.6 mm ni mayor que 8 mm de diámetro, y la capa inferior por grava de 19 mm de diámetro o mayor
 - La granulometría y el espesor de la grava dependen del tipo de drenaje. Para determinar los espesores de las capas de grava se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:
 - La altura de cada subcapa de grava no será menor que dos veces el mayor tamaño de grava de esa capa, cualquiera que sea ese tamaño.
 - La altura total de la grava sobre los drenes no será menor que 30 cm.
 - En cuanto a las condiciones físicas a cumplir por la grava, se tienen las siguientes:
 - Debe ser obtenida de una fuente que suministre piedras duras, redondeadas, con un peso específico no menor de 3,5 (no más de 1% puede tener menos de 2,25 de peso específico).
 - La grava no deberá contener más de 2% en peso de piedras aplanadas, alargadas o finas, en las que la mayor dimensión excede en tres veces la menor dimensión.
 - Deberá estar libre de arcilla, mica, arena, limo o impurezas orgánicas de cualquier clase.
 - La solubilidad en HCl al 40% debe ser menor de 5%.
 - La porosidad de cada subcapa debe estar entre 35 y 45%.
- d) Medios filtrantes
- La arena debe cumplir con las siguientes especificaciones :
 - El material laminar o micáceo debe ser menor de 1%.
 - Las pérdidas por ignición deben ser menores de 0,7%.
 - La arena debe ser material silíceo de granos duros (7 en la escala de Moh), libre de arcilla, limo, polvo o materia orgánica.
 - La solubilidad en HCl al 40% durante 24 horas debe ser <5%.
 - El peso específico debe ser mayor de 2,6.
 - El espesor y características granulométricas del medio filtrante deberán ser determinados mediante ensayos en filtros piloto. Los valores se encuentran entre los siguientes límites : espesor 0,80 a

- 1,0 m, tamaño efectivo entre 0,5 a 0,6 m, tamaño mínimo 0,42 mm y máximo 1,17 a 1,41 mm. El coeficiente de uniformidad en todos los casos debe ser menor o igual a 1,5.
- Cuando el filtro funcione parcial o permanentemente con filtración directa, la granulometría del material deberá ser más gruesa. El tamaño efectivo del material podrá ser de 0,7 mm, el tamaño mínimo de 0,5 a 0,6 mm, y el tamaño máximo de 1,68 a 2,0 mm.
- La antracita deberá reunir las siguientes condiciones :
 - Dureza mayor de 3 en la escala de Moh.
 - Peso específico mayor de 1,55
 - Contenido de carbón libre mayor del 85% en peso.
 - La solubilidad en HCl al 40% en 24 horas debe ser menor de 2%.
 - En una solución al 1% de NaOH no debe perderse más de 2% del material.
- El espesor y la granulometría del material deberán ser seleccionados mediante ensayos en filtros piloto.
- Otros medios filtrantes
Podrán usarse otros medios filtrantes, siempre que se justifique con estudios experimentales.

Artículo 57º.- FILTROS RÁPIDOS CON LECHOS MIXTOS Y MÚLTIPLES

- a) Tasa de filtración
Deberá fijarse de acuerdo al tamaño del material empleado y profundidad del lecho, preferentemente mediante ensayos en filtros piloto. Estos valores se encuentran entre los siguientes límites :
- | | | |
|--------|---|---|
| Mínima | : | 180 m ³ /(m ² .día) (1) |
| Máxima | : | 300 m ³ /(m ² .día) (2) |
| Normal | : | 200 - 240 m ³ /(m ² .día) (3) |
- (1) Material fino y bajo nivel de operación y mantenimiento
 - (2) Material grueso y condiciones excepcionales de operación y mantenimiento.
 - (3) Material grueso y condiciones normales de operación y mantenimiento.
- b) Capa soporte del medio filtrante
Depende del tipo de drenaje empleado y deberá cumplir las especificaciones indicadas en el artículo 56º de la presente Norma.
- c) Medios filtrantes
- Arena
El tipo de arena a usar, su tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad deberán ser los indicados en el inciso d) del artículo 56º de la presente Norma.
 - Antracita
Las características físicas del material deberán ser las indicadas en el inciso d) del artículo 56º de la presente Norma.
 - La granulometría deberá seleccionarse de acuerdo al tamaño más fino de la arena, de tal forma que no se produzca un grado de intermezcla mayor de 3. Para que esto se cumpla, el tamaño máximo de la antracita debe ser el triple del tamaño efectivo de la arena

- El espesor deberá ser 2/3 de la altura total del lecho filtrante, puede variar entre 0,50 y 1,0 m.
- Las características físicas deberán ser determinadas, preferentemente, en ensayos en filtros piloto; los rangos usuales se encuentran entre los siguientes valores: espesor mínimo de 0,45 m, tamaño efectivo de 0,9 a 1,3, tamaño mínimo de 2,4 mm y coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,5.
- Otros medios filtrantes
Podrán usarse otros medios filtrantes, siempre que se justifiquen mediante estudios en filtros piloto.

d) Sistema de lavado

- El lavado se podrá realizar con agua filtrada, o con aquella que cumpla las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua potable.
- Se aceptarán los siguientes sistemas :
 - Con flujo ascendente solo.
 - Con flujo ascendente y lavado superficial.
 - Con flujo ascendente y lavado con aire.
 - Con flujo ascendente y lavado sub-superficial.
- La cantidad de agua usada en el lavado no deberá sobrepasar el 3,5% del agua filtrada producida.
- La expansión del lecho filtrante cuando sólo se lava con agua, deberá encontrarse entre los siguientes límites :
 - Mínima : 10%(sólo para el material más grueso).
 - Máxima : 50%
 - Promedio : 20 a 30%
- Tasa de lavado
 - Sólo con flujo ascendente :
Tasa de retrolavado: $0,6$ a $1,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ (10 a 20 l/s/m^2)
 - Con flujo ascendente y lavado superficial :
Tasa de retrolavado: $0,6$ a $1,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$
Tasas de lavado superficial :
Con brazos giratorios: $0,5$ a $1,4 \text{ l/(s.m}^2)$ a una presión de $30 - 40 \text{ m}$ de columna de agua.
Con rociadores fijos: $1,4$ a $2,7 \text{ l/(s.m}^2)$ presiones de 15 a 30 m de columna de agua.
 - Con flujo ascendente y lavado con aire :
Tasa de lavado: $0,3$ a $0,6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ (5 a $10 \text{ l/(s.m}^2)$) para producir una expansión de 10%.
Tasa de aire comprimido: $0,3$ a $0,9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ (5 a 15 l/seg.m^2).
 - Con flujo ascendente y lavado sub-superficial.
Se recomienda usar en medios filtrantes de arena y antracita.
Tasa de lavado: $0,6$ a $0,9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, dependiendo de la granulometría del medio filtrante.
Tasa de lavado sub-superficial: $1,4$ a $2,7 \text{ l/(s.m}^2)$
- Métodos para aplicar el agua de lavado
Las aguas de lavado podrán provenir de:

Tanque elevado

Deberá tener una capacidad suficiente para lavar consecutivamente dos unidades, por un periodo de 8 minutos a las máximas tasas de lavado previstas.

Ubicación del tanque . La altura del tanque sobre el nivel del lecho filtrante se calculará teniendo en cuenta que el caudal de diseño debe llegar hasta el borde superior de la canaleta de lavado, por lo cual, deberán considerarse todas las pérdidas de carga sobre ésta y el tanque.

En el caso de lavados con flujo ascendente y lavado superficial, la mayor presión que se necesita para este último, podrá darse con equipos de bombeo adicionales, sistemas hidroneumáticos u otros.

El equipo de bombeo deberá tener la capacidad adecuada para asegurar el suministro oportuno del volumen de agua que se necesita para hacer los lavados que se requieran por día.

El tanque deberá estar provisto de un sistema automático de control de niveles y sistema de rebose y desagüe.

Sistema de bombeo directo

Este sistema es muy vulnerable cuando las condiciones de operación y mantenimiento no son adecuadas y como la eficiencia de los filtros depende de las bondades del sistema de lavado, no se deberá considerar este tipo de solución cuando existan condiciones desfavorables.

El lavado se hará por inyección directa de agua bombeada desde un tanque enterrado o cisterna. Deberá considerarse en forma especial las condiciones de golpe de ariete, caudal y altura dinámica de las bombas.

Deberán considerarse por lo menos dos bombas, cada una de ellas tendrá capacidad para bombear la totalidad del caudal de lavado, con una carga hidráulica mínima, considerando las pérdidas de carga hasta el borde superior de la canaleta de lavado.

Las bombas seleccionadas deberán adecuarse a las tasas de lavado mediante el uso de dispositivos reguladores de presión y caudal.

Lavado con flujo proveniente de las otras unidades

Para aplicar este sistema de lavado, los filtros deben agruparse en baterías con un número mínimo de 4 unidades.

La presión de lavado será función de una carga hidráulica regulable mediante un vertedero, para mantener el medio granular con una expansión entre 20 y 30%.

La carga hidráulica de lavado se determina mediante la pérdida de carga total durante esta operación, la cual depende del peso de los granos de arena y/o antracita y éste, a su vez, de la granulometría del material considerado y puede variar de 0,60 a 1,20 m, según el tamaño del material considerado.

La sección de cada filtro debe ser tal, que al pasar por ésta el caudal de diseño de la batería, se produzca la velocidad de lavado requerida para la expansión del medio filtrante.

El número de filtros depende de la relación entre la tasa de filtración (V_f) y la velocidad de lavado (V_l).

Es necesario que todos los filtros estén interconectados, ya sea mediante un canal lateral o a través del falso fondo.

- Sistemas de recolección del agua de lavado

En el sistema de canal principal y canaletas laterales deberán cumplirse las siguientes condiciones :

La distancia entre los bordes de dos canaletas contiguas no debe exceder de 2,1m.

La distancia máxima del desplazamiento del agua no deberá exceder de 1,05 m.

El fondo de las canaletas deberá estar, por lo menos, 5 a 10 cm sobre el lecho filtrante expandido en su elevación máxima.

Capacidad de descarga de las canaletas

Deberá calcularse para la velocidad máxima del lavado previsto, considerando 30% de sobrecarga.

Nivel de carga en las canaletas

El borde libre mínimo en la canaleta debe ser de 0,10 m.

- Dependiendo del tamaño de la planta, podrá justificarse un sistema de recuperación de agua de lavado.

e) Sistema de drenaje

- Diseño

Deberá recoger el agua filtrada y distribuir el agua de lavado en la forma más uniforme posible, para ello es necesario que el agua ingrese a todo lo ancho del filtro, no se permitirá el ingreso concentrado en un punto, ya que favorece diferencias extremas en la distribución, y por tanto, en la expansión del lecho filtrante.

- Tipo de sistema

Se deberá seleccionar sistemas confiables, resistentes, eficientes, que puedan ser construidos localmente y que además sean económicos. que logren una uniforme distribución del flujo en el lecho filtrante, aceptándose una desviación menor o igual a 5%. Esto se logra cuando:

$$\frac{nA_L}{A_C} \leq 0,46$$

Donde:

A_C : sección transversal del falso fondo

A_L : sección de los orificios de distribución del drenaje.

n : número de orificios del sistema.

- Pérdida de carga

Se calculará para el sistema de drenaje adoptado las pérdidas de carga tanto para la tasa de filtración como para la de lavado.

f) Sistemas de control de los filtros

El sistema de control de los filtros dependerá de la forma de operación de los mismos. Los filtros deben diseñarse para operar con tasa declinante para lograr mayor eficiencia, facilidad de operación y menor costo de operación del sistema. Podrá usarse tasa constante previa justificación y autorización de la autoridad competente.

- **Tasa constante de filtración**
Para obtener una tasa constante de filtración, se podrán usar elementos de control que regulen el efluente o que regulen el nivel en el canal del afluente, o bien con afluentes igualmente distribuidos.
El afluente debe distribuirse uniformemente, cualquier otro sistema deberá ser justificado ante la autoridad competente.
Estos filtros tendrán las siguientes características:

- Se regulará el gasto en la entrada del filtro por medio de un orificio o vertedero que deje pasar un gasto constante.
- Deberá evitarse que el lecho filtrante quede al descubierto cuando se inicie la carrera de filtración.

- **Tasa declinante de filtración**
Los filtros con tasa declinante se controlan mediante vertederos. La operación será automática, y con las siguientes condiciones:

- Los ingresos de agua sedimentada a los filtros deben:
Estar situados en un canal o conducto de interconexión.
Tener secciones iguales.
Estar ubicados por debajo del nivel mínimo de operación.

- **Carga hidráulica disponible en la instalación**
La carga hidráulica se considerará por encima del nivel del vertedero de salida de la batería de filtros.
La carga hidráulica se calculará de tal manera que al iniciar la carrera un filtro recién lavado, la tasa de filtración no exceda de 1,5 veces la tasa promedio de diseño.
Esta carga decrece al incrementarse el número de filtros de la batería.
Puede variar de 0,50 m para 4 filtros a 0,20 m para 8.
Deberá presentarse el cálculo de esta carga, pudiendo utilizar programas de cómputo disponibles.
Deberá considerarse un aliviadero regulable en el canal de distribución de agua sedimentada para limitar la carga hidráulica.

- El proyectista deberá incluir en el instructivo de arranque los procedimientos para la instalación de la tasa declinante durante la operación inicial.

- **Medidor de pérdida de carga**

En cada unidad deberá colocarse un medidor de pérdida de carga, el que podrá consistir de un piezómetro en decímetros. Se recomienda tener alarma visual o acústica cuando la pérdida exceda de un máximo preestablecido.

Los filtros de tasa declinante no requieren medidor de pérdida de carga, esto se puede determinar visualmente y su límite máximo debe estar limitado por un aliviadero regulable en el canal de distribución de agua sedimentada. Los filtros de tasa constante requieren un medidor de pérdida de carga en cada una de las unidades.

- Válvulas

Las válvulas o compuertas requeridas para cada unidad filtrante serán las que correspondan al diseño adoptado. Las válvulas de accionamiento frecuente deberán ser tipo mariposa, sobre todo cuando la operación es manual.

Operación

El accionamiento de las válvulas o compuertas podrá ser manual, neumático o hidráulico, o una combinación de estos medios, dependiendo del tamaño de las instalaciones y de los recursos disponibles para la operación y mantenimiento. Para todos los casos de accionamiento se deberá contar con la alternativa de operación manual.

Dispositivo de seguridad

En caso de accionamiento no manual, se deberá contar con dispositivos de seguridad para evitar cualquier maniobra inadecuada en el manejo de los filtros.

Velocidades

Las velocidades máximas en las válvulas o compuertas deberán ser :

Agua decantada (afluente)	:	1,0 m/s
Agua filtrada (efluente)	:	1,8 m/s
Agua de lavado	:	1,5 m/s

Artículo 58°.- DESINFECCIÓN

Establece las condiciones de aplicación del cloro como agente desinfectante para el agua, su dosificación y extracción de los cilindros.

Artículo 59°.- REQUISITOS

- a) Demanda de cloro
Deberá determinarse por los ensayos correspondientes.
- b) Cloro residual
El efluente de la planta deberá tener por lo menos 1 ppm de cloro residual o el necesario para que en el punto más alejado de la red exista no menos de 0.2 ppm. En las localidades en las que exista endemias de enfermedades diarreicas como el cólera, el residual en los puntos más alejados deberá ser de 0.5 ppm.
- c) Tiempo de contacto
Se aceptará como mínimo entre 5 a 10 minutos. Siendo deseable un tiempo total de contacto de 30 minutos.
- d) Cloradores
En todos los casos se considerará un mínimo de dos unidades para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.

- De alimentación directa

La presión máxima en el punto de aplicación no debe exceder de 1.0 kg/cm^2 (15 lbs/pulg²). Su operación es poco confiable y solo deberá considerarse cuando no se disponga de energía eléctrica o línea de agua a presión.

- De aplicación en solución al vacío
El agua de dilución debe aplicarse a una presión suficiente para vencer las pérdidas de carga de la tubería, pérdida de carga en el inyector y la contrapresión en el punto de aplicación. La concentración de la solución de cloro no será mayor de 3500 mg/l de cloro.
- e) Extracción de cloro en cilindros
La extracción máxima de cloro para cilindros de 68 kg y 1000 kg es de 16 kg/día y 180 kg/día, respectivamente.
- f) Compuestos de cloro
 - Hipocloritos
Se podrán utilizar como desinfectante los compuestos de cloro tales como el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.
 - Hipocloradores
Estos productos siempre se aplicarán en solución. Se utilizará preferentemente dosificadores de orificio de carga constante, para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.
- g) Requerimientos de instalación
 - Tuberías que conducen gas cloro
Pueden utilizarse tuberías de acero, cobre o materiales plásticos resistentes a la acción química del cloro gas seco.
 - Tuberías de conducción de soluciones cloradas
Se utilizará tuberías resistentes a la acción corrosiva del cloro gas húmedo o soluciones de hipoclorito. Esta recomendación incluye a los accesorios, válvulas y difusores que se encuentran en esta línea. Pueden ser de PVC, teflón u otro material recomendado por el Instituto del Cloro.
- h) Manipulación y almacenamiento de cloro gas y compuestos de cloro
 - Manipulación
 - Los cilindros de hasta 68 kg deben moverse con un carrito de mano bien balanceado y una cadena protectora de seguridad tanto para cilindros llenos como vacíos.
 - Los cilindros de una tonelada deben manipularse con una abrazadera elevadora y grúa de por lo menos dos toneladas de capacidad. Este sistema debe permitir la transferencia del cilindro desde la plataforma del vehículo de transporte hasta la zona de almacenamiento y de utilización.

Almacenamiento

- El tiempo de almacenamiento será el necesario para cubrir el lapso desde que se efectúa el pedido hasta que los cilindros llegan al almacén.
 - Hay que tener en cuenta la forma del empaque para proyectar los pasajes, puertas y sistemas de manipulación, a fin de facilitar el transporte hasta la zona de almacenamiento.
 - Los cilindros de 68 kg deben almacenarse y operarse en posición vertical, excepto los de una tonelada de capacidad.
 - El almacén de cloro no debe ubicarse por debajo del nivel natural del terreno, el ambiente debe estar ventilado y protegido de los rayos solares.
 - El sistema de ventilación debe estar ubicado en la parte baja de los muros. Puede considerarse para este efecto muros de ladrillo hueco o mallas de alambre.
 - Si no hay una buena ventilación natural hay que considerar el uso de medios mecánicos de extracción del aire.
- i) Toda estación de cloración debe contar con una balanza para el control del cloro existente en los cilindros.
- j) Seguridad
- Toda estación de cloración deberá contar con equipos de seguridad personal para fugas de cloro gas. Estos podrán ser máscaras antigás o sistemas de aire comprimido.
 - Los equipos de protección deberán estar ubicados fuera de la caseta de cloración, pero muy cercanos a ella.

Artículo 60°.- CONTROLES DE PLANTA

Establece lo controles mínimos que deben considerarse para la operación de una planta de tratamiento.

Artículo 61°.- MEDICIÓN

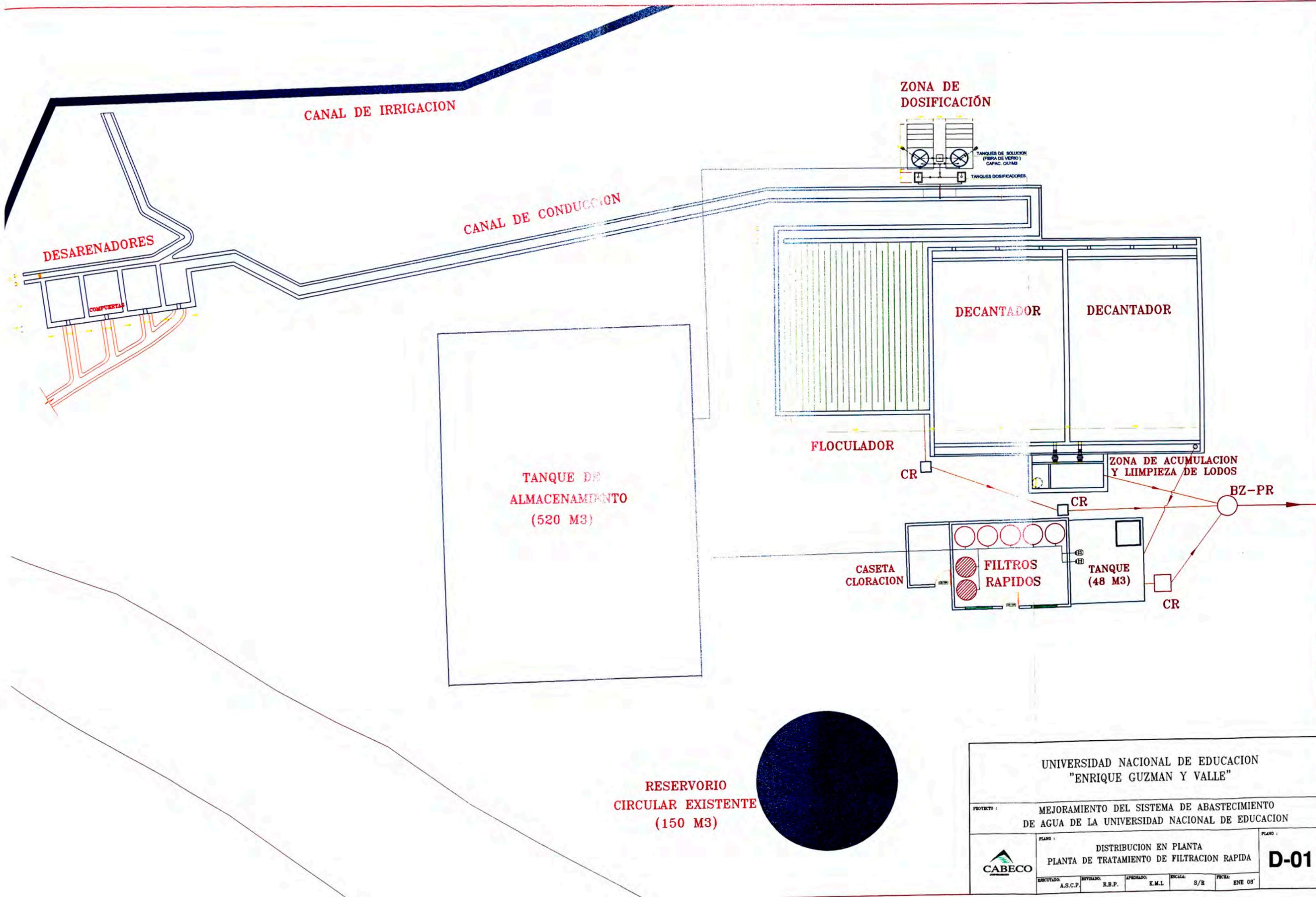
Se recomienda preferentemente sistemas de conducto abierto del tipo vertedero o canaletas Parshall, teniendo en cuenta la confiabilidad operacional de estos dispositivos.

El uso de instrumental de medición mas complejo deberá sustentarse teniendo en cuenta los recursos disponibles localmente.

En los filtros se deberán tener en cuenta piezómetros para la medición de pérdida de carga y controles hidráulicos para los niveles del filtro.

ANEXO 04

Esquemas de planta de tratamiento proyectado



CANAL DE IRRIGACION

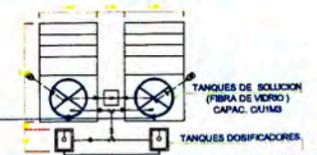
CANAL DE CONDUCCION

DESARENADORES

COMPUERTAS

TANQUE DE ALMACENAMIENTO (520 M3)

ZONA DE DOSIFICACION



FLOCULADOR

DECANTADOR

DECANTADOR

CR

ZONA DE ACUMULACION Y LIMPIEZA DE LODOS

BZ-PR

CASETA CLORACION

FILTROS RAPIDOS

TANQUE (48 M3)

CR

RESERVORIO CIRCULAR EXISTENTE (150 M3)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"					
PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION					
PLANO : DISTRIBUCION EN PLANTA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRACION RAPIDA				PLANO : D-01	
ELABORADO: A.S.C.P.	REVISADO: R.B.P.	APROBADO: K.M.L.	ESCALA: S/B	FECHA: ENE 08'	

