

Facultad de Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

Trabajo de Diploma



Título: Gestión de operación de la Planta potabilizadora “Aguas del Duaba” de la ciudad de Baracoa.

Autora: Dayalis Lobaina Borges.

Tutor: MSc.Ing. Eudel Michel Rojas.
MSc.Prof.Onell Pérez Hernández.
Ing. Maily Matos Reyes.

“Año 61 de la Revolución”.

Santiago de Cuba, junio 2011

Pensamiento

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

Pensamiento.



Dedicatoria

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

Dedicatoria.

Me gustaría dedicar este trabajo de diploma a mis padres y a toda mi familia por darme siempre su apoyo y cariño, por ser siempre la luz y guía en el camino de mi vida, por la dedicación que han tenido conmigo y sobre todo porque siempre han estado a mi lado. A mis compañeros de aula que siempre nos hemos ayudado en todo para salir adelante en estos 5 años. A las personas que contribuyeron para que esto llegara a su fin de la forma más feliz posible. A mis tutores, que sin su ayuda no hubiera sido posible el que yo estuviera aquí hoy.

Agradecimiento

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

Agradecimiento.

Me gustaría agradecer a Dios por cuidarme y darme la oportunidad de haber logrado esta meta a mis padres por haberme dado la vida y haberme ayudado a forjarme, así como a toda mi familia que siempre ha estado ahí en las buenas y en las malas, gracias por haber confiado en mí.

Gracias a todos mis amigos y compañeros que estuvieron a mi lado en el transcurso de estos cinco años y que supieron tenderme una mano cuando más la necesitaba

Agradecer a mis tutores: MSc. Eudel Michel Rojas y al Prof. Onell Pérez Hernández, por su paciencia y ayuda para la realización de este trabajo de diploma, por haberme transmitido con ejemplo, valores, principios indispensables para el correcto ejercicio de mi profesión.

Para finalizar agradecerle a todos los profesores que hicieron posible que este trabajo se realizara y poderme graduar como ingeniera hidráulica.

Resumen

Resumen

Como parte del programa que está llevando a cabo la presidencia de Cuba, en la construcción, ampliación y reposición de los sistemas de abasto de agua de las distintas ciudades de la nación y como fracción de las inversiones destinadas a la ciudad de Baracoa Provincia Guantánamo, se encuentra la planta potabilizadora “Aguas del Duaba”,. Se solicitó por la Dirección Técnica de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados Baracoa la presente investigación con la finalidad de hacer una evaluación técnica de la misma ,la cual tuvo como meta realizar un análisis del comportamiento hidráulico de cada uno de los procesos y operaciones unitarias que integran el transcurso de tratamiento del agua que ingresa a la planta, además de realizar la ficha de evaluación técnica de la planta según la metodología de Evaluación Integral de Plantas (EIP) que emplea la Agencia de protección Ambiental de los estados Unidos (USEPA).

Los resultados fundamentales obtenidos son la calidad de la fuente de abastecimiento, la calidad del agua tratada, los resultados de la evaluación preliminar de los procesos y operaciones unitarias para los tres caudales de proyecto (Caudal máximo de diseño 104 L/s, caudal máximo de operación 110 L/s y caudal mínimo de operación 100 L/s) y el diagnostico preliminar de la planta.

Abstract

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

Abstract

As part of the program that is holding the presidency of Cuba, in the construction, expansion and replacement of water supply systems in the various cities of the nation and as a fraction of the investment to the city of Guantanamo, the water treatment plant "Agua del Duaba". It was requested by the Technical Management Company of Aqueducts and Sewerage Santiago this investigation in order to determine the possible causes of the shortcomings and deficiencies that may be ruining the production process of water quality in the water treatment plant. Which it aims to analyze the hydraulic behavior of each of the processes and unit operations that make up the course of treatment of the water entering the plant, in addition to the technical assessment sheet plant according to the methodology of evaluation Integral Plant (PID) using the United States Environmental Protection Agency (USEPA).

The following paper aims to analyze the hydraulic behavior of each of the processes and unit operations that make up the course of treatment of the water entering the plant, in addition to the technical assessment sheet plant according to the methodology Comprehensive Assessment of Plants (PID) using the United States Environmental Protection Agency (USEPA). The main results obtained are the quality of the source of supply, the quality of treated water, the results of the preliminary assessment of processes and unit operations for the three flows of the project (maximum design flow 104 L / s, maximum flow of operation 110 L / s minimum flow of operation rate 100 L / s) and the preliminary diagnosis of the plant.

Índice _Toc11485769

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: Revisión bibliográfica	5
1.1 Construcción de plantas de potabilizadoras en Cuba.....	5
1.2 Plantas de tratamiento de agua.	6
1.2.1. Tipos de plantas para el tratamiento de agua potable.	6
1.2.2. Procesos y operaciones utilizados en potabilizadoras.	7
1.2.3. Ventajas de las plantas potabilizadoras.....	8
1.3. Calidad del agua.....	9
1.3.1 Índices de calidad del agua.	10
1.4. Dotación.	11
1.4.1 Demanda de agua.....	12
1.5. Procedimientos para evaluar el comportamiento de los procesos y operaciones unitarias en una potabilizadora.....	12
1.5.1 Evaluación de mezcladores.....	13
1.5.2 Evaluación de floculadores.....	14
1.5.3 Evaluación de decantadores.	14
1.5.4 Evaluación de la batería de filtros.....	16
1.5.5 Evaluación de las instalaciones de cloración.....	16
CAPITULO 2: Inspección inicial	19
2.1- Ubicación del área de estudio.....	19
2.2- Fuente de abastecimiento.....	19
2.3- Características de la planta.	20
2.3.1- Tipo de Planta.....	20
2.3.2- Caudales.....	20
2.3.3- Características del agua tratada que se espera de la planta.	21
2.4- Descripción de las partes componentes de la planta.	21

2.4.1-Conductora desde la obra de captación hasta el área del tanque y la planta potabilizadora.	22
2.4.2-Registro de entrada.....	22
2.4.3 -Floculadores.....	24
2.4.4-Sedimentadores.	24
2.4.5- Filtros rápidos.....	26
2.4.6 Tanque de agua tratada	27
2.4.7-Almacén de productos químicos.....	28
2.5-Equipos que intervienen en el proceso de potabilización.	28
2.5.1 Dosificadores de cloro.	28
2.5.2- Dosificadores de sulfato de aluminio y cal.	29
2.6 Evaluación de los componentes de la planta.	29
2.6.1 Floculadores.....	29
2.6.2 Decantadores	30
2.6.4 Filtros rápidos a presión.	31
2.6.5 Desinfección.....	32
2.6.6 Gráfico de potencial de producción.	34
CAPITULO 3: Evaluación preliminar.....	36
3.1-Calidad del agua de la fuente.	36
3.2- Evaluación de los componentes de la planta.	37
3.2.1-Floculadores.....	37
3.2.2-Decantadores.....	39
3.2.3-Filtros rápidos cerrados a presión.	40
3.2.4-Comparación entre especificaciones de diseño.....	41
3.3. Capacidad potencial de producción de la planta.	42
3.4 Diagnóstico preliminar.....	43
Conclusiones.....	45

Recomendaciones..... 48
BIBLIOGRAFÍA..... 50
ANEXOS 53

Introducción

Trabajo de diploma de Dayalis Lobaina Borges

INTRODUCCIÓN

El acceso al suministro de agua potable es un prerrequisito para la prevención y el control de las enfermedades relacionadas con el agua, y requiere de una gestión integrada del recurso, destinada al control de calidad y la protección de las reservas de agua. La potabilización del agua comprende una serie de pasos cuya finalidad es transformar el agua cruda en agua potable, que cumpla con todas las normas establecidas para poder ser consumida por el hombre (Cánepa de Vargas L. 2005).

Se entiende por *tratamiento de agua*, la 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. Si las materias objetables están presentes en el agua y en límites mayores a los establecidos, el agua se debe tratar para reducir los niveles de contaminación. El conjunto de operaciones unitarias convenientemente conectadas en las que se trata el agua para potabilizarla se le denomina “Planta potabilizadora.”

La evaluación de una planta de tratamiento de agua es una actividad muy importante que debe realizarse con cierta frecuencia, ya que permite determinar la eficiencia y características de las unidades, así como la flexibilidad del sistema a los cambios de calidad del agua cruda. Como resultado de la evaluación, es posible, además, identificar las deficiencias existentes, que pueden ser de mantenimiento, operacionales y de diseño; por ejemplo, las deficiencias hidráulicas que ocasionan una mala distribución del flujo afecta a variables hidráulicas como el tiempo de retención, las pérdidas de carga, etc. (Cánepa de Vargas L. et al. 2005)

La ciudad de Baracoa, primera de las siete villas fundadas en Cuba cuenta con servicios de acueductos y red de distribución de agua desde el siglo XIX y el abasto de agua de la ciudad tanto para la zona urbana como periurbana proviene de tres acueductos: Miel, Duaba y Macaguanigua, los dos primeros con fuentes del tipo superficial y el último del tipo subterráneo (pozo), por su carácter superficial son susceptibles a contaminaciones por gérmenes de origen animal, vegetal y humano fundamentalmente de estos últimos por estar ubicadas sus tomas de agua en zonas densamente pobladas.

A partir de esta situación fue formulado en el año 2006 un Proyecto de Colaboración para el acueducto por gravedad con el objetivo de abastecer a la primera villa tomando como fuente el río Duaba con la premisa de no exceder el valor donado por la República Bolivariana de Venezuela de 1,6 millones de dólares. El mismo está constituido por los siguientes objetos de obra: cierre, conductora, tanque apoyado, planta potabilizadora y redes.

Por medio de esta planta se filtran 104 L/s y se eliminan microorganismos resistentes al cloro, así como partículas en suspensión susceptibles de obstruir las redes domésticas. La misma brinda agua de calidad a más de 30 mil baracoenses y en una etapa más avanzada se prevé que beneficiará 45 mil habitantes, entre los que se reconocen aquellos que habitan en la localidad de Mabujabo, próxima a la zona objeto de estudio.

Los antecedentes referidos anteriormente permiten identificar el **Problema de investigación** en la siguiente interrogante: cómo diagnosticar los problemas en la operación de la planta potabilizadora Duaba mediante la evaluación de los diferentes procesos unitarios que la conforman. Como parte de la solución al mismo se abordará el **Objeto de Estudio** referido a los procesos y operaciones para la potabilización del agua, con particular énfasis en el **Campo de acción** que se identifica con la evaluación preliminar de los procesos y operaciones unitarias de la Planta potabilizadora Aguas del Duaba. En este interés, el **Objetivo General**: evaluar de forma preliminar la planta potabilizadora “Aguas del Duaba”, utilizando la metodología de evaluación Integral de la producción empleada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), que nos permita valorar el funcionamiento de cada uno de los procesos y operaciones unitarias bajo las condiciones actuales. Para cumplimentar esta pretensión, los **Objetivos Específicos** se enfocan en:

1. Caracterizar el estado actual de los procesos y operaciones unitarias que se utilizan para potabilizar el agua.
2. Medir los parámetros hidráulicos y evaluar la eficiencia de producción de agua de la Planta potabilizadora Aguas del Duaba y compararla con los requisitos sanitarios establecidos por la NC-827-2017. La idea a demostrar en esta investigación se concreta en la siguiente **Hipótesis**: “La disponibilidad de la ficha de evaluación

preliminar de la planta potabilizadora “Aguas del Duaba” permitirá tener una valoración del comportamiento hidráulico de cada uno de los procesos y operaciones unitarias bajo las condiciones actuales de operación e identificar las deficiencias existentes y proponer medidas de corrección.

Tareas de Investigación.

1. Realizar una revisión de la bibliografía referida al tema de estudio.
2. Realizar inspección a la planta y obtener información de los procesos y operaciones unitarias, tanto físicas como de operación, que nos permita desarrollar una evaluación integral de los mismos.
3. Analizar toda la información obtenida y elaborar un diagnóstico previo de tal forma que nos permita orientar la evaluación.

Capítulo 1

CAPITULO 1: Revisión bibliográfica.

En este capítulo se aborda el marco teórico-conceptual, referido al abastecimiento de agua, calidad del agua, las plantas potabilizadoras, concepto, método de operación y tipos de plantas así como los procesos que en ellas ocurren.

1.1 Construcción de plantas de potabilizadoras en Cuba.

El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos) los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el Restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. (Agua para consumo humano [2019-03-30])

Es un elemento común del sistema solar, echo confirmado en descubrimientos recientes. La mayorías de las plantas de tratamiento de agua para el consumo humano en nuestro país, fueron construidas en la década del 80, con el nivel de automatización existente por aquellos tiempos y no se les ha venido dando una continuidad en el desarrollo tecnológico, por lo que se hace evidente que en nuestros días estas plantas ya tienen más de 20 años de explotación y su eficiencia no es la mejor y el nivel tecnológico que presentan es arcaico. En la tabla 1, se muestra la distribución de las plantas potabilizadoras por provincia.

Tabla. 1. Distribución de plantas potabilizadoras por provincias.

Provincias	PR	LH	CH	CF	VC	SS	CA	CM	LT	HG	GR	SC	GTM	CUBA
Plantas	10	5	1	6	3	4	1	5	5	5	5	6	1	57
Potabilizadoras Eficientes	6	5	1	4	1	2	1	1	5	5	1	5	1	38

Una operación unitaria es un proceso químico, físico o biológico mediante el cual las sustancias objetables que contiene el agua son removidas o transformadas en sustancias inocuas.

1.2 Plantas de tratamiento de agua.

De acuerdo con Pérez Carrión, J. M. et al. 1984 lo primero que hay que definir es en qué consiste el tratamiento del agua. Se trata de un conjunto de operaciones físicas, químicas y biológicas que tiene como objetivo mínimo la reducción y como propósito básico la eliminación de la contaminación y los residuos de las aguas, sean naturales o residuales.

La estación de tratamiento de agua potable (ETAP) o estación potabilizadora de agua(EPA) son estructuras que tienen como fin hacer un tratamiento adecuado al agua para que sea apta para el consumo humano.

Existen principios básicos con los que debe cumplir toda tecnología que se use para tipos de plantas de tratamiento de agua potable, los mismos se mencionan a continuación:

1. Se hace una combinación de barreras múltiples para alcanzar bajas condiciones de riesgos.
2. Tratamiento integrado.
3. Tratamiento por objetivo, es decir que cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante.

1.2.1. Tipos de plantas para el tratamiento de agua potable.

1. **Plantas de ciclo completo:** cuentan con los procesos de coagulación, sedimentación, filtración, cloración, sin precisar sobre el tipo de instalación existente para cada proceso.
2. **Plantas de filtración en múltiples etapas:** se denomina así a las plantas en donde existe filtración lenta en múltiples etapas.
3. **Plantas de filtración directa:** en donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora.
4. **Planta de filtración en línea:** se realiza coagulación, filtración y cloración.

- **Planta compacta:** se denomina así a la planta en la cual se llevan a cabo todos los procesos en un mismo módulo prefabricado.
- **Planta de tratamiento convencional:** Se caracteriza por ser sumamente eficiente , confiable y económica, figura 1 , en ella se realizan los siguientes procesos unitarios:

-
- Coagulación
 - Floculación.
 - Sedimentación.
 - Filtración.

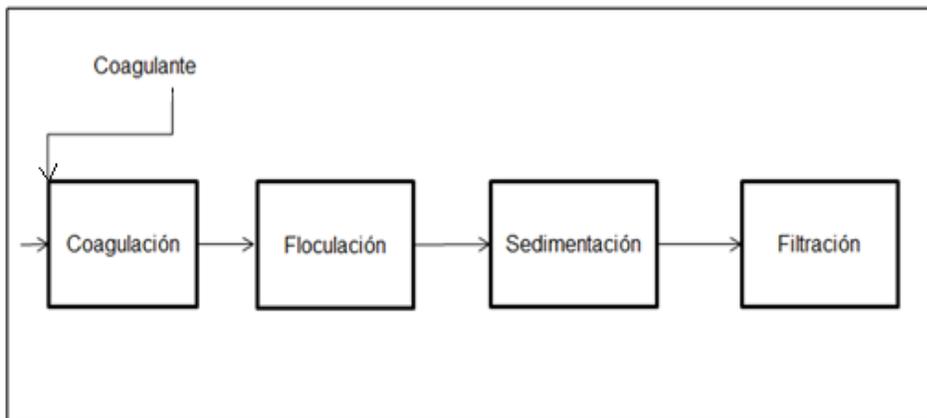


Figura. 1 Procesos unitarios planta de tratamiento convencional.

1.2.2. Procesos y operaciones utilizados en potabilizadoras.

Afirmando lo planteado por Richter, Carlos. 1981 las plantas de tratamiento son sistemas complejos que cuentan con una serie de procesos como los que citamos a continuación:

Aireación: La aireación de las aguas es realizada para remover los gases disueltos en exceso en las aguas, remoción de sustancias volátiles y la introducción de oxígeno.

Coagulación o floculación: La coagulación o floculación es un proceso que aglomera las impurezas que se encuentran en forma de suspensión y en estado coloidal, en partículas sólidas que puedan ser removidas por decantación o filtración. Las partículas se agrupan constituyendo formaciones gelatinosas inconsistentes, denominados

flóculos. Los flóculos iniciales son formados rápidamente y a ellos se adhieren las impurezas. Los reactivos normalmente empleados son los coagulantes y los Álcalis.

Decantación: es el proceso de la separación de partículas más pesadas que trae el agua como gravas, arenas, arcillas, y piedras que por fuerza de gravedad se sedimentan.

Filtración: es el proceso que consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales que no se sedimentaron, haciéndolas pasar por un medio poroso. Es una de las principales operaciones que se realiza en toda la planta de tratamiento, pueden ser clasificados teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Velocidad de filtración (lenta o rápida).
- Lecho filtrante (simple o de lecho mixto).
- Sentido del fuljo durante la filtración (descendente o ascendente)
- Forma de aplicar la carga sobre el medio filtrante (a gravedad o a presión)
- Forma de control operacional (tasa y nivel constante, de tasa constante y nivel variable y de tasa declinante).

Desinfección.

Desinfección: la desinfección del agua es una medida con carácter correctivo o preventivo para garantizar la calidad del agua desde el punto de vista de la salud pública. Los productos normalmente utilizados para la desinfección de agua del abastecimiento público son:

- a) Cloro (cloro gas o cloro líquido)- Cal clorada (Cl_2).
- b) Hipoclorito de calcio Ca ($Ca(ClO)_2$).
- c) Hipoclorito de sodio Na ($NaClO$).

1.2.3. Ventajas de las plantas potabilizadoras.

Las estaciones potabilizadoras de agua utilizan distintas tecnologías, desde la más convencional hasta la filtración directa, o la filtración en varias etapas. En general, el proceso de potabilización recorre varios pasos: decantación, precipitación, filtrado, cloración y bombeo.

Las plantas potabilizadoras de agua presentan muchas ventajas respecto a otros sistemas. En primer lugar, generan un agua de alta calidad, rica en oxígeno y libre de impurezas. Esta infraestructura también asegura el suministro a las ciudades a largo plazo, sin que sea necesario hacer un tratamiento adicional del agua; sale lista para el consumo. El agua de las potabilizadoras no requiere sustancias adicionales como el cloro o el dióxido de carbono, por lo que es totalmente segura para el consumo humano.

1.3. Calidad del agua.

Otro aspecto ligado al sistema de abastecimiento de cualquier acueducto es la referida a la calidad del agua, según (Driggs 2006), el agua se clora a la salida de las plantas de tratamiento y también a las salidas de las perforaciones, antes de ser inyectada a la red, otras veces se prefiere clorar directamente en los depósitos; pues bien el tiempo de retención del agua en la red afecta a su calidad debido a que el cloro es reactivo y desaparece con el tiempo de permanencia, al mismo tiempo crecen los cultivos bacterianos, así como los contenidos en productos derivados de la cloración, algunos de los cuales pueden ser perjudiciales; así pues, desde el punto de vista de la calidad interesa que el agua fluya rápido por la red, evitando velocidades bajas (tuberías pequeñas) y retención en los depósitos (volúmenes pequeños, eliminación de aljibes en los inmuebles, tanques, etc.)

Uno de los problemas que atenta contra la calidad del agua luego de la salida de la planta de tratamiento hacia las redes es el servicio intermitente, el cual provoca estancamiento del agua en el interior de las tuberías, entrada de agua estancada en el exterior por fisuras en las tuberías y azolvamiento dentro de las tuberías en puntos bajos de las redes que consumen gran cantidad de cloro disuelto lo que obliga a una mayor aplicación y encarecimiento de la desinfección.

Con el objetivo de conocer la calidad de los recursos hídricos y los cambios que experimentan los mismos como resultado de la actividad del hombre, muchos países, entre ellos el nuestro, cuenta con redes de estaciones de monitoreo donde, de manera continua, se registran las condiciones hidrometeorológicas y en forma sistemática se

realizan análisis químico-físicos y bacteriológicos de las aguas; esta actividad genera un volumen de información de los recursos hidráulicos (Driggs 2006).

1.3.1 Índices de calidad del agua.

La dependencia de la calidad del agua con el uso asignado al recurso determina la existencia de numerosas interrelaciones de factores de distinta naturaleza, a los efectos de evaluar dicha calidad.

Los rangos donde se deben mover los diferentes parámetros de calidad de las aguas, dependen del uso que se le dará al agua analizada, ya sea para consumo, para la industria o para la agricultura, existiendo variaciones importantes en dichos rangos admisibles.

Normalmente se suele vincular los problemas relacionados con la calidad del agua sólo con la determinación cualitativa y cuantitativa del estado de la matriz agua, de otra manera, esto es, si se consideran todas las interdependencias entre el agua, los sedimentos, la vegetación, el plancton, los peces, los invertebrados y las bacterias de forma simultánea y sistemática, la evaluación de la calidad del agua sería sumamente difícil y compleja con escaso valor práctico a corto y mediano plazo, toda vez que el tiempo y los recursos financieros, científico-técnicos y humano necesario para ello se incrementarían notablemente día a día (Reynoso y colaboradores, 1992).

No puede interpretarse como calidad del agua y menos aún con la evaluación de la calidad del recurso, la expresa tabulación de resultados de los análisis físicos, químicos, biológicos y otros, obtenidos en una o varias estaciones de control o en estudios intensivos de cuerpos de agua. Por otra parte, evaluar la calidad de las aguas basándose en la determinación y análisis de las características o propiedades individuales ya sean físicas, químicas biológicas u otras, no proporciona en ocasiones una adecuada e integral interpretación acerca de los problemas que pueden originarse en el control y manejo de las aguas a partir de la cuáles, se deben plantear las soluciones que la situación demanda.

Generalmente se realiza una serie muy amplia de análisis de distintos indicadores físico-químicos y microbiológicos a fuentes de abasto de agua de consumo ya conocidas con el fin de evaluar su potabilidad y calidad sanitaria, (NC: 827-2017).

En la actualidad se hace necesario estudiar esta situación para determinar el mínimo de indicadores físico-químicos y microbiológicos imprescindibles que se deben realizar para un control rutinario de la potabilidad, así como la frecuencia necesaria de realización de cada uno de éstos, teniendo en cuenta los distintos factores que influyen sobre variación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, estos factores varían dependiendo del origen de las aguas.

En el caso de las fuentes de abasto de origen subterráneo deben de tenerse en cuenta el tipo de cuenca y comunicación con otras, factores propios de la actividad microbiológica del suelo y tipo de roca, factores físico-químicos por disolución de estas características hidrogeológicas y factores antrópicos. (Anclan y colaboradores, 1992)

En las fuentes de abasto, ya sea de origen superficial o subterráneo, se tendrá en cuenta el nivel de agua, la vegetación cercana, las actividades agrícolas-industriales y comunitarias en los alrededores, flujo de agua, escorrentías, etc.

En tal sentido no deja de resultar atractivo lo apuntando por varios autores cuando afirman que en el pasado el proceso de evaluación de la calidad del agua tendía a ser más un arte que una ciencia.

Para este tipo de estudio es necesario analizar el comportamiento de cada uno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que comúnmente se realizan en todas las fuentes de abasto y obtener los criterios que permitan seleccionar los que servirían como “parámetros centinelas” para detectar estabilidad o cambio en la calidad de las aguas; todos juntos formarían el “sistema de alerta” cuya función serviría para la toma de decisiones sobre la protección de las aguas, esto perfeccionaría el sistema de vigilancia de la calidad del agua en fuentes de abasto de acueducto, lo cual sucede en sentido genérico en todas las cuencas de nuestro país cuando se analizan la calidad de sus aguas.

1.4. Dotación.

La dotación es la cantidad de agua que demanda una población por habitante y que todo acueducto eficiente debe suministrar, durante las 24 hrs del día y con una presión

adecuada. Un hombre en condiciones normales de comodidades y esfuerzo físico, consume como bebida en sí, poca agua al día, sin embargo, si se considera la limpieza, el baño, el lavado de ropas y comunalmente: las industrias y el uso público, se aumenta considerablemente ese consumo per cápita diario. (Rojas, 1977).

Según (Rossié y colaboradores, 2001) la dotación per cápita puede variar desde 20 hasta 120 litros por persona diarios (l.p.p.d.) aunque se recomienda tomar una dotación máxima de 100 l.p.p.d., esto depende de la solución adoptada y del uso que se pretende dar al agua abastecida. Por lo que se puede obtener una demanda media de la comunidad utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Demanda} = \text{Población} \times \text{Dotación.}$$

$$: \quad \text{Dotación} = \frac{\text{consumo anual}}{365 \cdot \text{Población}} \text{ en litros / hab.día.}$$

1.4.1 Demanda de agua.

Estimación teórica de la cantidad de agua requerida por una población para satisfacer las necesidades de todos los tipos de consumo sobre la base de indicadores de consumo para el final del período de diseño.

La NC 827/2017 establece los requisitos sanitarios y muestreo para el control del agua potable. Se aplicará a todas las aguas para consumo que se entreguen por cualquier sistema de abastecimiento público, individual o especial; en todo el territorio nacional.

1.5. Procedimientos para evaluar el comportamiento de los procesos y operaciones unitarias en una potabilizadora.

La evaluación de una planta de tratamiento de agua comprende un análisis detallado del funcionamiento y comportamiento hidráulico de cada una de las partes que físicamente la conforman, de su eficiencia y de la forma en que está siendo operada, controlada, mantenida y administrada. Es un proceso guiado por un procedimiento, organizado y dirigido a satisfacer varios objetivos. Como resultado de este proceso, se obtendrá información que percibirá las condiciones para mejorar la eficiencia del sistema y desarrollar el proyecto de optimización o ampliación.

Sobre los procedimientos de evaluación, específicamente para planta de tratamiento para el consumo humano se ha encontrado muy poca información en las bibliográficas consultadas. Hasta el momento se han citado dos manuales; Manual IV y Manual III,

siendo este último una ampliación del primero. Estos han sido elaborados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS); aprovechado y adaptado la metodología de evaluación integral de la producción (EIP o CPE, por sus siglas en inglés), que emplea la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

El Manual III, con el título “**Evaluación de plantas de tecnología apropiada**”, es un manual que integra los procedimientos para la evaluación de las Plantas filtración rápidas, ya sea Convencionales, Tecnología apropiada o de Tecnología importada. El mismo está estructurado en cuatro capítulos en los cuales se describen todas las operaciones y procesos que intervienen en las plantas potabilizadoras. El Capítulo 1, describe el procedimiento para la inspección inicial y las pautas para el desarrollo del gráfico de potencial de producción. El Capítulo 2, analiza las metodologías para determinar el tiempo de retención en las unidades de mezcla, floculación y sedimentación; así mismo, se revisan las metodologías para determinar las características del flujo que en ellas se produce. El Capítulo 3, con el título “**Evaluación de plantas convencionales y de tecnología apropiada.**”; desarrolla los criterios y procedimientos para evaluar a fondo el comportamiento de los procesos y unidades que integran una planta de tratamiento de agua de tipo convencional clásica o de tecnología apropiada. El Capítulo 4, con el título “**Evaluación de plantas de tecnología importada.**”; desarrolla los criterios y procedimientos para evaluar los parámetros y variables más importantes que intervienen en los procesos de tratamiento de agua.

1.5.1 Evaluación de mezcladores.

La eficiencia del proceso de mezcla rápida depende de variables químicas relacionadas con el tipo y la dosis de coagulantes, así como de su concentración, y con las características de las aguas y de variables físicas, tales como el tiempo e intensidad de la mezcla provocada por la energía disipada, ya sea por medios mecánicos o hidráulicos.

Para determinar el comportamiento de las unidades de mezcla rápida, se recomienda conocer:

- Geometría de la unidad;

- Punto de aplicación de las sustancias químicas;
- Determinación del tiempo de mezcla;
- Determinación de la intensidad de la mezcla;
- Condiciones hidráulicas de las obras de interconexión.
- Geometría de la unidad.

1.5.2 Evaluación de floculadores.

La unidad de floculación tiene la función de formar el flóculo, que debe reunir ciertas características —peso, tamaño y compacidad— y para lograrlo, esta unidad debe trabajar bajo determinados parámetros que están en función de la calidad del agua que trata.

Para evaluar este proceso, se recomienda conocer: (Santiago Fernández, J. F. 1997)

- Geometría de la unidad.
- Caudal de operación.
- Parámetros óptimos del proceso: tiempo de retención y gradientes de velocidad.
- Características hidráulicas de la unidad: tipo de flujo, espacios muertos y cortocircuitos.
- Tiempo de formación del flóculo.
- Tamaño del flóculo producido.
- Geometría de la unidad.

1.5.3 Evaluación de decantadores.

La decantación es el primer proceso de remoción y, debido a su gran eficiencia, en una planta de filtración rápida completa es el más importante mecanismo para separar sólidos de líquidos.

Los factores más importantes que afectan la eficiencia remocional de una unidad de sedimentación son:

- Las características del proceso,
- Las condiciones del flujo hidráulico.

Estos factores, a su vez, dependen de la turbiedad, color y temperatura; la mezcla-floculación; tipo de sedimentador y sus características; las características de las obras de interconexión y la operación y el mantenimiento.

La evaluación de una unidad de sedimentación comprende:

- Eficiencia;
- Geometría de la unidad;
- Características hidráulicas;
- Carga superficial real.
- Eficiencia

Los parámetros más importantes que influyen en la eficiencia de estas unidades son la calidad del agua sedimentada, calidad del agua cruda y la carga superficial.

Eficiencia en función de la calidad del agua sedimentada: sobre la base de datos de operación, se determina la calidad del agua producida en las unidades de sedimentación. Para ello se agrupan los datos de turbiedad (o color) de agua sedimentada en rangos predeterminados y se calcula su frecuencia de presentación anual, con la cual se puede graficar la curva de frecuencia acumulada. Los decantadores se pueden clasificar según el criterio que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los sedimentadores en función de la calidad del agua producida.

Eficiencia	Turbiedad del agua decantada (UNT)
Excelente	< 5
Buena	10 – 15
Muy buena	5 – 10

Regular	> 15
---------	------

1.5.4 Evaluación de la batería de filtros.

El procedimiento para evaluar una instalación de filtración rápida depende de:

- Características de la unidad.
- Eficiencia del proceso.
- Características del proceso de filtración.
- Características del medio filtrante.
- Características del proceso de lavado.
- Características de la unidad.

El análisis consiste en comprobar si la batería de filtros fue bien concebida, si cumple con los requisitos básicos del proyecto para poder operar.

Eficiencia del proceso

Este aspecto puede determinarse a través de curvas de frecuencia acumulada de turbiedad de agua filtrada, que se obtienen procesando los promedios diarios de turbiedad de agua filtrada de por lo menos un año.

1.5.5 Evaluación de las instalaciones de cloración.

De acuerdo con Palomino Zambrano S.2012 por lo general, la cloración es el proceso final utilizado para asegurar que las metas de calidad microbiológica del agua se alcancen, bajo el supuesto de que todos los procesos anteriores estén cumpliendo con sus objetivos; por tanto no se puede esperar que si los procesos de coagulación, decantación y filtración no están siendo eficientes, la cloración por sí sola remedie el problema produciendo buenos resultados.

Los factores que modifican la eficiencia remocional de la cloración son:

Gestión de operación de la Planta potabilizadora “Aguas del Duaba” de la ciudad de Baracoa.

- Las características del agua como: pH, temperatura, concentración de la turbiedad, el color, la materia orgánica, el nitrógeno amoniacal, Fe, Mn, SO₂, H₂S y tipo y concentración de microorganismos.
- Las características del sistema de cloración como: el tiempo real de contacto, la dosis de cloro aplicada y las características del sistema de aplicación.
- Tiempo real de contacto

Características del sistema de aplicación

Para que el cloro se aplique en forma correcta, el sistema debe reunir las siguientes condiciones:

- Debe aplicarse en forma sumergida.
- Debe distribuirse de manera uniforme en toda la masa de agua mediante un difusor.
- El difusor debe localizarse en un punto en que el agua esté generando turbulencia para que el cloro entre rápidamente en contacto con toda la masa de agua.

Características de la caseta de cloración

Al evaluar las instalaciones o ambientes en los que se está efectuando la operación de este proceso, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios generales:

- Instalaciones en las que el consumo de cloro es mayor de 50 kg/d debieran emplear cilindros de cloro de una tonelada y los equipos de cloración y el almacén de los cilindros de cloro deben ubicarse en áreas separadas.
- Ventilación a la altura del piso, natural o forzada. En caso de una fuga, ello contribuirá a desalojar el cloro acumulado a nivel del piso.
- El almacén de cloro debe ser exclusivamente para este fin.
- Debe haber un equipo de cloración y una bomba de agua alterna.
- Las bombas deben estar en otro ambiente para que no se deterioren por efecto de las fugas.

Capítulo 2

CAPITULO 2: Inspección inicial.

2.1- Ubicación del área de estudio.

La potabilizadora Aguas del Duaba, se encuentra ubicada en las cercanías de la ciudad de Baracoa municipio de la provincia. Guantánamo, en la zona conocida como La loma los Hicacos, enclavada sobre la cota 53,0 msnm, en las coordenadas N: Fábrica de Cucurucho, Fábrica de Aceite y Edificaciones de la Aceitera S-SO: Rodeada de la altura del terreno que pertenece al Consejo Popular de Mabujabo, O: 1Km con la fábrica de Chocolate. Ver figura 3.



Figura 3. Planta Potabilizadora “Aguas del Duaba”

2.2- Fuente de abastecimiento.

La fuente de abasto es el rio Duaba, La captación del agua se realiza, mediante una conducción conformada por una línea de cajones de hormigón de 1 x 1 m de sección transversal interior, la que capta el gasto hasta el desarenador donde se decantan los materiales sólidos en suspensión que logran penetrar a través de la rejilla colocada a la entrada, y desde aquí el agua pasa a través de una segunda rejilla más fina que la anterior, a la cámara de derivación desde la cual parte la conductora de 630 mm de diámetro la cual se incorpora directamente al registro de entrada de la planta. Ver figura 4.



Figura 4 .Obra de toma.

2.3- Características de la planta.

2.3.1- Tipo de Planta.

La potabilizadora “Aguas de Duaba”, es una planta de filtración rápida con tecnología de tratamiento apropiada por el grado de simplificación en la construcción, montaje y operación de estas unidades. Fue puesta en funcionamiento en el año 2017, es de tecnología compacta de procedencia IRANÍ.

2.3.2- Caudales.

La planta tiene la posibilidad de operar con un gran rango de caudales, lo que facilita la operación y el mantenimiento al poder sacar de servicio unidades de tratamiento y continuar tratando agua con la calidad requerida. Los caudales de la planta son:

- Caudal máximo de diseño, 110 L/s. Nunca ha operado a este caudal.
- Caudal máximo de operación, 104 L/s. La mayor parte del tiempo opera a este caudal.
- Caudal mínimo de operación, 100 L/s. En la actualidad debido a la intensa sequía que afronta el territorio, la planta trabaja con caudales como este e incluso inferiores.

2.3.3- Características del agua tratada que se espera de la planta.

Las características del agua tratada por la planta, deberán cumplir con los parámetros que establece la Norma Cubana NC 827: 2017, tabla 2, entre los que se encuentran:

Tabla 2. Parámetros característicos de potabilidad del agua que establece la NC 827: 2017.

Tipo	Característica	LMA*
Físicas	Olor y sabor	Inodora y sabor agradable característico
	Turbiedad, UNT	5 UNT
	Color real, UC	15 UC
Químicas	pH	6,5-8,5
	Sólidos totales disueltos	1000 mg/L
	Dureza total	400 mg/L
	Cloruro	250 mg/L
	Aluminio	0,2 mg/L
	Cobre	2,0 mg/L
	Hierro	0,3 mg/L
	Sodio	200 mg/L
	Sulfato	400 mg/L
	Zinc	5 mg/L
	Sustancias activas al azul de metileno	0,5 mg/L
Componentes inorgánicos	Compuestos fenólicos	0,002 mg/L
	Manganeso, mg/L	0,4
	Nitrito, mg/L	0,2
Componentes Microbiológicas	Nitrato, mg/L	45
	Coliformes fecales	0 NMP/100 mL
	Coliformes termotolerantes	0 NMP/100 mL

*LMA=Límite máximo admisible.

2.4- Descripción de las partes componentes de la planta.

La planta potabilizadora (Aguas del Duaba), está compuesta por los siguientes objetos: cierre, obra de toma, desarenador, conductora desde la obra de captación hasta el tanque apoyado, conductora desde el tanque hasta las redes, redes de distribución y planta potabilizadora. El agua que ingresa a la planta recibe, si es necesaria según la

calidad del agua una inyección de productos químicos (cal, sulfato de alúmina y cloro) que se mezclan en la masa de agua; luego el agua pasa por los floculadores, donde se promueve la formación de flóculo. Luego el agua ingresa a los sedimentadores y se mantiene en reposo para que los flóculos sedimenten. El agua sedimentada pasa a los filtros cuyo objetivo es pulir su calidad; luego a la salida de los filtros se realiza la poscloración con el propósito de generar cloro residual libre como barrera contra una posible recontaminación.

2.4.1-Conductora desde la obra de captación hasta el área del tanque y la planta potabilizadora.

La conductora va desde la obra de toma, específicamente desde la caja de válvula, hasta el tanque, y la planta potabilizadora, figura 5, ubicada al frente de los edificios en la carretera Baracoa – Moa, la misma es de PEAD, de diámetro variable. Los primeros 5 000 m tienen un diámetro de 630 mm, PN 0,6 MPa, los restantes 5 000 m, son de 560 mm de diámetro, PN 0,8 MPa; conduce un gasto de 200 L/s, con una velocidad que varía entre 0,75 y 0,99 m/s.



Figura 5. Conductora desde obra de toma hasta el tanque y planta potabilizadora.

2.4.2-Registro de entrada.

El registro de entrada el lugar de la planta por donde ingresa el agua cruda, en este hay un bay-pass que permite desviar el agua desde la conductora procedente de la obra de toma hacia las unidades de tratamiento (floculación-sedimentación). A la entrada de los elementos de tratamiento existe un registro destinado a proteger a un caudalímetro de

inserción instalado a la tubería de entrada a la planta con diámetro de 250 mm. Este mide y envía una señal digital del caudal que esta ingresando a la planta. Ver figura 6.



Figura 6. Registro de entrada

El sistema está compuesto por dos líneas de tratamiento en paralelo desde los mezcladores -floculadores hasta los decantadores. Cada uno de estas estructuras están construida en bloque una a continuación de la otra, en el orden que se mencionan. Ver figura 7.



Figura 7. Líneas de tratamiento en paralelo

Los mezcladores rápidos son tipo mecánico consisten en un depósito con dimensiones (h=2m, ancho y largo=2m) con una capacidad de 2.7kg/h. En su interior tienen una paleta acoplada con un motor eléctrico que permite la mezcla. Ver figura 8.



Figura 8. Cámara de mezcla rápida.

2.4.3 -Floculadores.

Los floculadores son de tipo hidráulico flujo horizontal. Son dos floculadores que trabajan en paralelo y cada uno tiene las siguientes dimensiones: 8m de largo, 3 m de ancho, 2.m de alto y borde libre 0.5m. El volumen total de floculación es de 96 m³ y el tiempo de retención del agua en los floculadores es de 15-20 minutos. Ver figura 9.



Figura 9. Floculador.

2.4.4-Sedimentadores.

Los sedimentadores son de alta carga o lamelares de flujo inclinado ascendente. El sistema consiste en dos tanques sedimentadores rectangular en paralelo. En estos se colocó un paquete lamelar de tipo tubular de sección hexagonal de material plástico e inclinado a 45°. Ver figura 10.



Figura 10. Sedimentadores de alta tasa con material lamelar tipo tubular.

Cada cámara de sedimentación tiene las siguientes dimensiones: 12m de largo, 3.5m de ancho, con una profundidad de 2m y borde libre de 0.5m sobre canaleta de recolecta. El área efectiva que ocupan los paquetes tubulares es de 40m² y la tasa superficial promedio de 133 m³/m².d.

La recogida del agua sedimentada en cada unidad es mediante dos canaletas ubicadas a todo lo largo. Son canaletas de sección rectangular, de 40cm de ancho por 30cm de altura. Cada canaleta, tiene en las paredes laterales vertedores triangulares por donde ingresa el agua decantada al interior de cada una. Ver figura 11.

Los lodos sedimentados acumulados en las tolvas de concentración serán extraídos por carga hidráulica mediante las tuberías de succión de 100 mm de diámetro. Mediante esta operación se conducirán los lodos directamente, por gravedad, hacia el drenaje sin requerir de bombeo.



Figura 11. Canaletas con vertedores triangulares en los laterales.

2.4.5- Filtros rápidos.

La batería de tres filtros rápidos horizontales cerrados a presión de flujo descendente como se observa en la figura 12.



Figura 12. Filtros a presión.

Cada filtro tiene forma de cilindro, mide 2.0m de diámetro, 8.0m de largo y volumen 25m³. El área de filtración es 16m² para un área total de filtración de 48m². Estos operan dos en paralelo y uno de reserva.

Los filtros cuentan con un medio filtrante mono-capa de arena sílice sobre soporte plancha metálica y tuberías perforadas. La distribución del agua sedimentada hacia los filtros se realiza mediante un sistema de bombeo.

A medida que se va operando la planta los poros de arena se van ensuciando hasta que el lecho se colmata completamente y el filtro alcanza el valor máximo de presión fijada por el fabricante.

El sistema de lavado para cada unidad de filtración es automático, por medio de agua y aire a presión en sentido contrario a la filtración. Para el lavado de cada filtro se utiliza agua clarificada. Esta ingresa al interior del filtro por la tubería de salidas de agua filtrada asciende por los intersticios del lecho filtrante y es recogida por la tubería de entrada de agua clarificada. Esta operación es posible por el uso 4 electroválvulas y 2 sensores conectados en un bay –pass. El agua de retrolavado de los filtros una vez que sale del filtro se deposita en el sistema de drenaje de la planta.

2.4.6 Tanque de agua tratada

El agua filtrada pasa a un tanque de 4000m³ construido con elementos prefabricado, el mismo está apoyado sobre el terreno en la loma conocida como Los Hicacos, en la cota 53,0 msnm. Para su proyección se utilizó el proyecto típico de los tanques prefabricados realizado por la empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (EIPHVC). Del tanque sale una tubería de 800 mm de diámetro, específicamente un reducido concéntrico de Ø 800 x 630 mm hasta el estacionado 0 + 277,43, donde se encuentra instalada la tuberías de Ø 630, 315 y 200 mm que abastece a la ciudad; la misma es de PEAD, PN 0,6 MPa, conduciendo un gasto de 320 , L/s. El gasto a tratar es de 104 L/s. Figura 13.



Figura 13. Tanque de agua tratada.

2.4.7-Almacén de productos químicos.

La planta cuenta con un almacén de productos químicos (cal y sulfato de aluminio) con capacidad suficiente para abastecer la planta por lo menos durante tres meses. Ver figura 14.



Figura 14. Almacén de productos químicos.

2.5-Equipos que intervienen en el proceso de potabilización.

2.5.1 Dosificadores de cloro.

Los cloradores son aparatos que aplican una cantidad constante y exacta de cloro en cualquier momento y además permiten un ajuste fácil de la razón de aplicación. Los equipos que se utilizan en esta planta son de la marca *Grundfos*, con una capacidad de 4 Kg/h. Figura 15.



Figura 15. Dosificadores de cloro.

2.5.2- Dosificadores de sulfato de aluminio y cal.

En el área de dosificación de sulfato y cal existen 4 cubas de hormigón cada una con mezclador de paleta de acero inoxidable marca MILTON ROYS, dos para preparar la solución de cada producto. La capacidad de cada uno es 2.7 kg/h. para un caudal de 110 L/h. Además se dispone de 3 bombas para dosificar estos productos.

2.6 Evaluación de los componentes de la planta.

2.6.1 Floculadores.

Determinar el caudal máximo que pueden tratar estas unidades en función del volumen que presentan, del número de cámaras o tramos compartimentalizados y del tiempo de floculación requerido de acuerdo con la temperatura del agua como se observa en la tabla 5. (Cánepa de Vargas, L. M., 2005).

Tabla 5. Criterios para evaluar el floculador para un tiempo base de 20 minutos.

Características de la unidad	Temperatura del agua(°C)	Tiempo de retención hidráulica (min)
Una sola etapa *	< 0.5	+10
	> 0.5	+5
Múltiples etapas	< 0.5	+0
	> 0.5	-5

*Cuando no existen deflectores ni compartimientos.

Procedimiento para determinar la capacidad de los floculadores:

- Definir el tiempo de retención adecuado; T_r (min).
- Calcular el volumen de la unidad; V (m^3).
- Calcular el caudal (m^3/min) que ésta unidad puede tratar en forma satisfactoria:

$$Q = \frac{V}{T_r} \quad (1)$$

2.6.2 Decantadores

El proceso de decantación se evalúa de eficiente de acuerdo con el valor final de turbiedad del agua decantada, según los siguientes criterios:

- Turbiedad del agua decantada inferior a 1,0 UNT el 95% del tiempo, cuando la turbiedad promedio del agua cruda es igual a 10 UNT.
- Turbiedad del agua decantada inferior a 2 UNT cuando la turbiedad del agua cruda excede de 10 UNT.

La capacidad de los decantadores puede estar restringida a ciertos valores máximos, debido a criterios de tiempo de retención hidráulica establecidos por los organismos reguladores. En estos casos, los criterios establecidos se pueden usar para estimar la capacidad de producción de los decantadores.

En la tabla 6, se muestran las tasas superficiales para diferentes tipos de decantadores.

Tabla 6. Tasas superficiales de los decantadores.

Tipo de instalación	Cs (m3/m2.d)
Pequeña, operación precaria	20-30
Proyectada con nueva tecnología y operación razonable	30-40
Proyectada con nueva tecnología y operación buena	35-40
Inst. grande con nueva tecnología, operación excelente y con auxiliares de coagulación siempre	40-60
Sedimentadores de alta carga	120-300

Procedimiento para estimar la capacidad de los decantadores:

- a) Determinar el número de unidades, el área superficial de la zona de decantación y calcular el área superficial total:

$$A = L * B * N \quad (2)q$$

Donde:

A=Área superficial total (m²)

L=Largo (m)

B=Ancho (m)

N=Número de unidades

b) Seleccionar en la tabla 6, la tasa de decantación (m³/m²*d) que corresponde al tipo de unidad que se está evaluando.

c) Calcular la capacidad estimada (m³/d):

$$Q = A * Cs \quad (3)$$

2.6.4 Filtros rápidos a presión.

La producción potencial del proceso de filtración se estima a partir de una tasa de filtración en m³/m².día, que varía según el tipo de medio filtrante. Como criterio de diseño la tasa de filtración para filtros a presión de una sola capa de arena es del orden de los 15-30m³/m²h.

Procedimiento para estimar la capacidad de los filtros:

a) Determinar el área que ocupa el lecho filtrante de un filtro (descontando el área del canal de recolección de agua de lavado) y el número de filtros.

b) Calcular el área filtrante total:

$$A = A_{\text{filtro}} * N \quad (4)$$

Donde:

A=Área filtrante total (m²)

A filtro=Área de cada filtro (m²)

N=Número de filtros

c) Seleccionar la tasa de filtración (Tf en m³/m²día).

d) Calcular la capacidad estimada (m³/d):

$$Q = A * Tf \quad (5)$$

2.6.5 Desinfección.

El siguiente procedimiento se emplea para evaluar la capacidad de desinfección de la planta cuando solo se emplea desinfección.

a) Estimar el nivel total de reducción e inactivación logarítmica total de Giardia, requerido por los procesos de tratamiento de agua, a partir de la calidad del agua cruda o de las características de la unidad. El requerimiento estándar para una planta con buena eficiencia de remoción de partículas es de 3 niveles logarítmicos de inactivación.

b) Estimar la capacidad de reducción logarítmica de la planta de tratamiento. En la tabla 7 se presenta la remoción esperada de Giardia y virus mediante los diversos tipos de plantas de filtración, en condiciones óptimas.

Tabla 7. Remoción esperada de quistes de Giardia y virus mediante filtración.

Filtración	Remoción logarítmica	
	Giardia	Virus
Convencional	2.5	2.0
Directa	2.0	1.0
Lenta	2.0	2.0
Tierra de diatomeas	2.0	1.0

c) Seleccionar un valor de tiempo de contacto (TC), a partir de la capacidad de reducción logarítmica necesaria, el pH máximo del agua cruda, la temperatura mínima del agua tratada y el residual máximo de desinfectante estimado. Cuando se usa cloro como desinfectante, el residual máximo considerado es de 2,5 mg/L.

d) Calcular el tiempo de retención requerido para el TC seleccionado.

$$T_{req} = \frac{TC}{desinfectante\ residual} \quad (6)$$

Donde:

Treq = tiempo de retención requerido (min).

TC=tiempo de contacto requerido. Se puede obtener mediante la tabla del anexo 1, para condiciones de pos desinfección (mg/L – min).

Desinfectante residual = residual de desinfectante mantenido en el punto de salida de la cámara de contacto o tanque de aguas claras existente.

e) Seleccionar el volumen efectivo de los tanques de agua tratada y calcular el tiempo de contacto disponible en las condiciones más desfavorables de operación con la profundidad mínima disponible. El volumen efectivo se podrá obtener multiplicando el volumen total del reservorio por los factores indicados en la tabla 8. Se debe tener mucho cuidado para aplicar un factor mayor de 0,10 a un tanque sin compartimientos.

$$V_{pos} = V_{reservorio} * factor \quad (7)$$

Donde:

Vpos = volumen efectivo del reservorio en la pos desinfección (m³)

Vreservorio = volumen total del reservorio (m³)

Factor = factor que depende de las características del reservorio.

Tabla 8. Factores para determinar el volumen efectivo en la pos desinfección.

Existencia de pantallas	Factor	Características del tanque o reservorio de agua tratada
No tiene	0.1	Presenta turbulencia en el interior, alta velocidad de entrada y salida y nivel de agua variable.
Muy pocos	0.3	Entrada y salida simple o múltiple, directa y sin pantallas. Sin compartimientos internos.
Promedio	0.5	Entrada y salida con pantallas y algunos compartimientos internos.
Superior	0.7	Entrada con pantalla perforada, pantallas interiores en forma de serpentín (similar a un floculador de flujo horizontal) o perforadas, vertedero en la salida.
Excelente	0.9	Compartimientos en forma de serpentín en toda la unidad.
Perfecta	1.0	Flujo de pistón, como de tubería

Fuente: Pérez Carrión, J. M. 1992.

2.6.6 Gráfico de potencial de producción.

Para desarrollar el gráfico de potencial de producción, se necesita determinar la capacidad máxima de tratamiento que tienen las unidades principales de la planta como floculadores, decantadores, filtros y cámara de contacto y/o reservorio de la planta. No importa si estas unidades presentan problemas de diseño u operación. Se supone que estos pueden ser superados mediante un proyecto de optimización.

Capítulo 3

CAPITULO 3: Evaluación preliminar.

3.1-Calidad del agua de la fuente.

Con respecto a este epígrafe debemos aclarar que las evaluaciones y análisis relacionado con la calidad del agua se basaran en información muy escasa; pues no se pudo tener acceso al registro de muestreo de la fuente y el de la planta. Por lo que es difícil emitir una evaluación fiable sobre la calidad del agua de la fuente de abasto y de la eficiencia del sistema de tratamiento. También durante el estudio nos percatamos que la operación de la planta se realizaba de forma discontinua y cuando funcionaba se dificultó realizar muestreo por los equipos de análisis de agua principalmente el turbidímetro presentaba problemas.

No obstante analizando la poca información obtenida podemos inferir que la fuente de agua del acueducto es de excelente calidad. Por apreciación visual y experiencia de los operadores de la obra de toma, esta fuente no tiene mucha variación de las características organoléptica. Solo se modifican las propiedades físicas, químico-orgánicas y microbiológicas cuando llueve agua arriba de la obra de toma.

En la tabla 9, muestra los resultados de un muestreo realizado a la fuente de agua en el mes de Mayo del 2018. El mismo confirma la buena calidad de esta agua. Concluyéndose es apta para el consumo humano con la debida desinfección, pues todos los parámetros están dentro de los límites admisibles establecido por la NC 827/2017 de Agua Potable, Requisitos Sanitarios y Muestreo. Por citar, el contenido de ion sodio es 7mg/L muy bajo con respecto a los 200 mg/L permisible. El manganeso es 11mg/L de 150 y el cloruro 14 mg/L menor que 250mg/L como valor permisible. El pH es 7.55, el contenido de solidos disueltos totales es muy bajo con 150mg/L. La turbiedad es 3.1 UNT, es menor de 5, lo cual favorece la operación de la planta al realizarse el proceso de filtración directa, con el consecuente ahorro de productos químicos. Por otra parte el contenido de coliformes totales son menores de 2 NMP/100ml, característicos de ríos caudalosos ubicados en lugares vírgenes, sin contaminación ambiental y libres de vertimiento de residuales. Como es el caso del rio Duaba, en Baracoa por lo que considerando estos valores solo requiere desinfección.

Tabla 9. Características físicas, químico-orgánicas y microbiológicas del río Duaba.

# de Muestra	pH (u) T (°C)	Color	Cl ¹⁻ mg/L	SO ²⁻⁴ mg/L	Ca ²⁺	Mg ²⁺ mg/L	NO ₃ ¹⁻ mg/L	NO ₂ ¹⁻ mg/L	DTmg CaCO ₃ /L	SDT mg/L
1075/N C	7.87/ (6.5-8.5)	<15/ 15UC	14/ 250	2/400	16/200	11/150	<3.1/10,1 7	0/0,09	85/400	150/1000

# de Muestra	CE (μS/cm) 25°C	Na ¹⁺ mg/L	K ¹⁺ mg/L	HCO ₃ ¹⁻ mg/L	Alc mg CaCo ₃ /L	Turb NTU	DBO ₅ 20°C mg/L	DQO mg/L	DT mg Ca CO/L	CT ml	CTT ml
1075	140	7/200	2	98	80	0.32/ 5	11	14	100	<2/100	<2/ 100

3.2- Evaluación de los componentes de la planta.

3.2.1-Floculadores.

Considerando que son unidades hidráulicas de varias etapas, en la tabla 5 se escoge un tiempo base de 20 minutos menos 5 minutos por el efecto de la temperatura del agua, resultando un tiempo de retención hidráulico óptimo de 15 minutos. Con este tiempo se estima la capacidad del dispositivo. Los resultados se muestran en la tabla 10.

- a) Número de unidades: 2u
- b) Dimensiones de cada cámara: ancho: 3m, largo: 8m, profundidad: 2m
- c) Volumen unitario (una unidad con 3 cámaras): $V_u = L * B * H = 48m^3$
- d) Volumen total: $96m^3$

Tabla 10. Análisis del tiempo de retención en el proceso de floculación.

Caudales	Valores de tiempo de retención (minutos)		
	Máximo de diseño	Máximo de operación	Mínimo de operación
Modo de operación	104	110	100
Una unidad V_u=48	7.69	7.2	8
Dos cámaras V_T= 96	15	14.5	16

330: todo el caudal. 330/2: la mitad del caudal

Los floculadores con un tiempo óptimo de 15 min, pueden tratar un caudal de 104 L/s. Para estas condiciones el mejor modo de operación es dividir el caudal total entre las dos unidades.

Igualmente para el caudal de 110 L/s, lo mejor es dividir el caudal total entre las dos unidades. De esa manera el tiempo de retención será de 14.5 min, estando cerca al límite del rango para estas unidades. No obstante para estas condiciones es preciso evaluar el comportamiento cuando alcance valores de turbiedad elevados, principalmente periodo de lluvia o crecida del rio Duaba.

Para un caudal de 100 L/s, lo mejor es pasar todo el caudal por una sola unidad, para estas condiciones el tiempo de retención será de 16 min. Este tiempo es el límite en

función de la temperatura y el tipo de unidad, puede generar sedimentación de flóculos en la unidad.

3.2.2-Decantadores.

El sistema está constituido por decantadores de alta carga con paquetes tubulares de tipo hexagonal inclinados a 55°. De acuerdo con la tabla 6 la carga superficial para sedimentadores de alta tasa está entre 120 y 300 m³/m²d.

- a) Número de unidades: 2 unidades independientes trabajando en paralelo.
- b) Dimensiones de cada unidad: Ancho: 3.5 m, Largo: 12.0m, Altura de agua: 2.0m
- c) Área unitaria de una cámara: 42 m²
- d) Área efectiva unitaria de lamelas en cada cámara : 40m²
- e) Área efectiva por unidad: 40m²
- f) Área total efectiva: 80m²
- g) Volumen total : 80 m³

Mediante la ecuación 3 se determina la capacidad de los decantadores. En este caso determinaremos la carga superficial y comprobaremos si cumple con los criterios de diseño. En la tabla 11 se muestran los resultados.

Tabla 11. Análisis de la capacidad de los decantadores.

Caudales	Taza de decantación(m ³ /m ² *día)		
	Máximo de diseño	Máximo de operación	Mínimo de operación
Modo de operación	104	110	100
Área unitaria: 42m²	214	226	205
Área total: 84m²	104	113	102

Para un caudal de 104 L/s, el mejor modo de operación es pasar el caudal total por una unidad, de esa manera la carga superficial será de $214 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, cumpliendo con los requisitos de diseño.

Igualmente para el caudal de 110 L/s, el mejor modo de operación es pasar el caudal total por una unidad, de esa manera la carga superficial será de $226 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, cumpliendo con los requisitos de diseño.

Para un caudal de 100 L/s, lo mejor es pasar todo el caudal por una sola unidad, para estas condiciones la carga superficial es de $205 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, aunque algo bajo para estas unidades será preciso evaluarlo en función de la turbiedad a remover.

De manera que para las condiciones físicas de la planta estas unidades pueden tratar hasta 297 L/s con una carga superficial $300\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$. Las unidades deberán operar en paralelo según las indicaciones del proyecto de operación por las razones que a continuación se exponen:

- Los floculadores que le anteceden a esta unidad no pueden tratar estos caudales. No obstante por las características relacionadas con la calidad del agua de la fuente de abasto con valores de turbiedad por debajo de 5 UNT en más del 95% de acumulado solo requiere de filtración directa. Solo en algunos casos la turbiedad del agua en la fuente de abasto han alcanzado valores máximo de 90 NTU y estos están por debajo de la capacidad de tratamiento de la planta (Turbiedad 300 NTU).
- La operación del sistema es automático y está programado para los caudales de diseño y operación actual. Lo que implica una nueva programación y ajuste del sistema la cual deberá ser sometida a un estudio o evaluar su viabilidad.

3.2.3-Filtros rápidos cerrados a presión.

El sistema está constituido por una batería de tres filtros rápidos cerrada a presión de flujo descendente, con lecho de arena sílice. Como criterio de diseño la tasa de filtración para filtros a presión de una sola capa de arena es del orden de los $15\text{-}30\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

- a) Número de unidades: 3 filtros. Uno de ellos es de reserva.
- b) Dimensiones: Diámetro: 2.0m, Largo: 8.0m, Profundidad útil del lecho: 1.5m
- c) Área unitaria de filtración: 16 m²
- d) Área filtrante total (dos filtros en explotación) : 32.0m²

Mediante la ecuación 5 determinamos la capacidad de los filtros. En este caso determinaremos la tasa de filtración y comprobaremos si cumple con los criterios de diseño. En la tabla 12 se muestran los resultados.

Tabla 12. Análisis de la capacidad de los filtros.

Caudales	Valores de tasas de filtración (m ³ /m ² d)		
	Máximo de diseño 104 L/s	Máximo de operación 110 L/s	Mínimo de operación 100 L/s
filtros A _T = 32,0m ²	274	297	270
filtros A _U = 16.0 m ²	549	594	540

3.2.4-Comparación entre especificaciones de diseño.

Para un caudal de 104 L/s, los filtros trabajan con valores de tasa de filtración dentro los requisitos de diseño de estos equipos. Cuando el caudal total es asumido por una unidad, la tasa de filtración será de 549 m³/m²d, cumpliendo con los requisitos de diseño de estos equipos.

Para un caudal de 110 L/s, los filtros trabajan con valores de tasa de filtración dentro los requisitos de diseño de estos equipos. Cuando el caudal total es asumido por una unidad, la tasa de filtración será de 594 m³/m²d, cumpliendo con los requisitos de diseño de estos equipos.

Para un caudal de 100 L/s, los filtros trabajan con valores de tasa de filtración dentro los requisitos de diseño de estos equipos. Cuando el caudal total es asumido por una unidad, la tasa de filtración será de 540 m³/m²d, cumpliendo con los requisitos de diseño de estos equipos.

Las condiciones físicas y el estado técnico de estas unidades están en buen estado. Las 2 unidades de filtración pueden tratar para una tasa de filtración de 15-30m³/m²h; 204 L/s-408 L/s.

3.3. Capacidad potencial de producción de la planta.

Con toda la información obtenida anteriormente, se realizó el gráfico de la figura 16 cuyo histograma muestra la capacidad estimada de las unidades de tratamiento, permitiendo llegar a los siguientes resultados:

- Aunque las capacidades de las diferentes unidades que conforman la planta no son uniformes, estas pueden tratar los caudales de operación.
- Los floculadores tienen un volumen útil de 96m³ y, considerando un tiempo de retención de 25 minutos (valor medio adecuado para aguas tropicales), estos pueden tratar el caudal máximo de proyecto.
- Los decantadores tienen una superficie total de 42m² y, con una tasa óptima de trabajo para estas unidades de 214m³/m².d, válido para los criterios de diseño, pueden procesar el caudal máximo de proyecto. Para un valor límite de carga superficial de 300m³/m².d puede procesar un caudal de hasta 160 L/s.
- Las condiciones físicas y el estado técnico de estas unidades están en buen estado. Las 2 unidades de filtración pueden tratar para una tasa de filtración de 15-30m³/m²h; 204 L/s-408 L/s
-

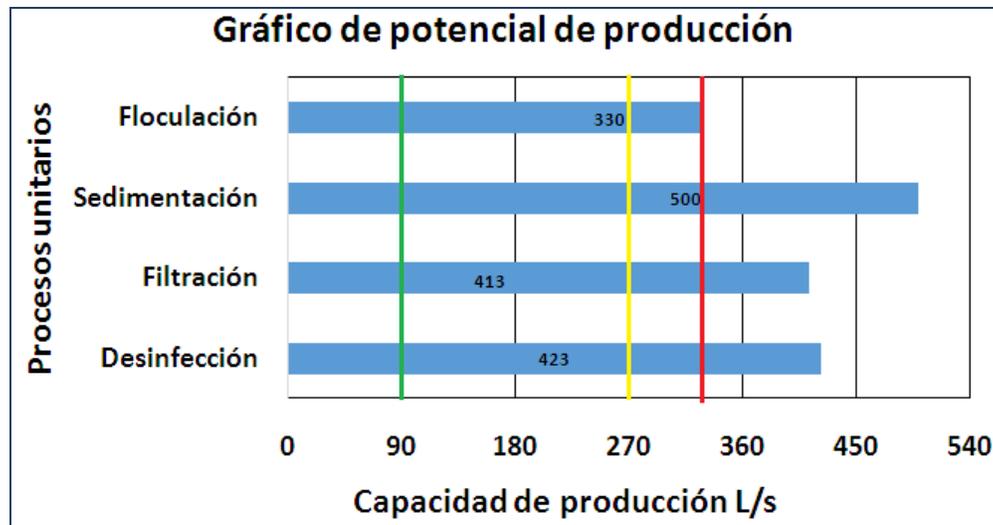


Figura 16. Gráfico de potencial de producción.

3.4 Diagnóstico preliminar.

El agua de la fuente es de muy buena calidad, presentándose la mayor parte del tiempo turbiedades bajas que posibilitan que la planta trabaje con filtración directa con el consecuente ahorro de coagulante.

Para valores bajos de caudal el gradiente de velocidad en la mezcla rápida disminuye, por lo que para aguas muy turbias es necesario evaluar el proceso.

El sistema de aplicación del coagulante no es correcto, ya que se realiza de forma puntual.

El proceso de floculación presenta valores muy altos para caudales mínimos, es necesario evaluar estas unidades ya que puede presentarse sedimentación de flóculos.

Los decantadores según las condiciones físicas de la planta están en buen estado. Estas unidades pueden tratar hasta 297 L/s con una carga superficial $300\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$. Las unidades deberán operar en paralelo según las indicaciones del proyecto de operación por las razones que a continuación se exponen:

- Los floculadores que le anteceden a esta unidad no pueden tratar estos caudales. No obstante por las características relacionadas con la calidad del

agua de la fuente de abasto con valores de turbiedad por debajo de 5 NTU en más del 95% de acumulado solo requiere de filtración directa. Solo en algunos casos la turbiedad del agua en la fuente de abasto han alcanzado valores máximo de 90 NTU y estos están por debajo de la capacidad de tratamiento de la planta (Turbiedad 300 NTU).

En resumen, es necesario dedicar esfuerzos para realizar un estudio detallado del proceso de coagulación floculación, aprovechando periodos de turbiedades altas. También es preciso para cada unidad de proceso determinar con mediciones reales y en laboratorio las tasas óptimas de trabajo, determinando en cada una el tiempo de retención real mediante la utilización de trazadores y realizar los muestreos establecidos a la entrada y salida de cada unidad que permita una evaluación a fondo del proceso que se lleva a cabo en la potabilizadora.

Toda la información obtenida, se debe resumir y plasmar en un documento denominado Ficha de Evaluación Técnica. Ver anexo 2.

Conclusiones

Conclusiones.

El agua de la fuente es de muy buena calidad, presentándose la mayor parte del tiempo turbiedades por debajo de 5NTU, que posibilitan que la planta trabaje con filtración directa con el consecuente ahorro de coagulante. Las características físicas-químicas relacionadas con la calidad del agua de la fuente de abasto, cumplen con los requisitos sanitarios establecidos por la NC-827-2017, solo bastará con una desinfección para su consumo.

Todas las unidades de tratamiento de la potabilizadora tienen un buen estado técnico.

La potabilizadora tiene la capacidad de procesar el caudal de operación actual de 110 L/s. Sin embargo por las características físicas de sus unidades, puede procesar hasta 200 L/s como caudal de operación. Este está condicionado por la capacidad de operación del floculador.

Los floculadores que le anteceden a otras unidades (filtros y decantadores), no pueden tratar más de 200 L/s. No obstante por las características relacionadas con la calidad del agua de la fuente de abasto con valores de turbiedad por debajo de 5 NTU en más del 95% de acumulado solo requiere de filtración directa. Solo en algunos casos la turbiedad del agua en la fuente de abasto han alcanzado valores máximo de 90 NTU y estos están por debajo de la capacidad de tratamiento de la planta (Turbiedad 300 NTU).

Recomendaciones

Recomendaciones.

- Ejecutar una evaluación completa para cada unidad de proceso a partir de realizar mediciones para las diferentes condiciones de operación de la planta y ensayos de laboratorio para evaluar las tasas óptimas de trabajo en función de la calidad del agua cruda.
- Determinar en cada operación el tiempo de retención real mediante la utilización de trazadores y realizar los muestreos establecidos a la entrada y salida de cada unidad que permita una evaluación a fondo del proceso que se lleva a cabo en la potabilizadora Aguas del Duaba.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

1. Agua para consumo humano [2019-03-30]. Disponible en: http://www.disasterinfo.net/desplazados/documentos/saneamiento01/1/agua_para_consumo_humano.htm.
2. Anclan Urgellés, Gloria y otros autores. “Criterios Para el Perfeccionamiento de la Vigilancia de la Calidad del Agua en Fuentes de Abasto de Acueducto”. XXIII Congreso Interamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana. Cuba. 1992.
3. Arboleda, J., Grimplastch, B. S. y Kirchmer, C. J. 1974. Métodos de evaluación de procesos de plantas de tratamiento de agua. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
4. Bell Despaigne M. 2014. Informe Técnico Planta Potabilizadora Parada. Empresa Aguas Santiago.
5. Cánepa de Vargas L. 2005. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
6. Cánepa de Vargas L. et al. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I Tomo 1: Teoría. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
7. Cánepa de Vargas L. et al. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I Tomo 2: Teoría. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
8. Cánepa de Vargas L. et al. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
9. Cánepa de Vargas L. et al. 2005. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual IV: Operación mantenimiento y control de la calidad. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
10. CEPIS/OPS. 2002. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Lima, Perú.
11. CEPIS/OPS. Criterios de diseño de plantas de tratamiento de aguas. Lima, Perú.
12. DEGREMONT Gilbert. 1973. Manual Técnico del Agua.

13. Di Bernardo, L. 1992. “Filtración”. En Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Manual III. Teoría. CEPIS Lima, Perú.
14. Driggs Ocampo, Alaín. Gestión de Operación del Acueducto de Holguín en la Zona Este. Trabajo de Diploma. Universidad de Oriente, 2006.
15. Oficina nacional de Normalización. 2017. NC 827-2017. Agua potable, requisitos sanitarios. La Habana, Cuba.
16. Hernández Rossié, Armando D y otros autores “Redes Hidráulicas y Sanitarias”. C.I.H. Facultad de Ingeniería Civil. ISP J.A. Echeverría. CUJAE. Habana, Cuba. 2001.
17. Palomino Zambrano S. 2012. Tesis: Evaluación técnica de la planta potabilizadora Quintero 1.
18. Pérez Carrión, J. M. 1992. Análisis de flujos y factores que determinan los periodos de retención, tomo II. Manual de evaluación. Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. CEPIS/OPS. Lima, Perú.
19. Pérez Carrión, J. M. et al. 1984. Evaluación de plantas de tratamiento de agua. Tomo I. Manual DTIAPA No C-5 CEPIS. Programa de protección de la salud ambiental HPE.
20. Pérez Carrión, J. M. y Vargas, L. El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I, Serie Filtración Rápida. Programa Regional HPE/CEPIS/OPS de Mejoramiento de la Calidad del Agua.
21. Richter, Carlos. 1981. Floculación. Manual de Instrucción del Programa Regional OPS/HEP/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Versión preliminar.
22. Rodríguez de la Lastra S .et al. 2010. Asesoría técnica. parte hidrotécnica. Planta potabilizadora Parada.
23. Reynoso Fagundo, Juan y otros autores. “Control Automatizado de la Calidad de la Aguas”. XXIII Congreso Interamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana. Cuba. 1992.

24. Rojas, José A. “Acueducto”. Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.
25. Santiago Fernández, J. F. 1997. Manual de potabilización de aguas. Centro de Hidrología y calidad de las aguas instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. La Habana, Cuba.

Anexos

ANEXO 1

VALORES DE TC (TIEMPO DE CONTACTO) PARA LA INACTIVACIÓN DE QUISTES DE *GIARDIA* CON CLORO LIBRE A 25°C

Concentración del cloro (mg/L)	pH <= 6,0 Log de inactivación						pH = 6,5 Log de inactivación						pH = 7,0 Log de inactivación						pH = 7,5 Log de inactivación					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
<=0,4	4	8	12	16	20	24	5	10	15	19	24	29	6	12	18	23	29	35	7	14	21	28	35	42
0,6	4	8	13	17	21	25	5	10	15	20	25	30	6	12	18	24	30	36	7	14	22	29	36	43
0,8	4	9	13	17	22	26	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	7	15	22	29	37	44
1	4	9	13	17	22	26	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	8	15	23	30	38	45
1,2	5	9	14	18	23	27	5	11	16	21	27	32	6	13	19	25	32	38	8	15	23	31	38	46
1,4	5	9	14	18	23	27	6	11	17	22	28	33	7	13	20	26	33	39	8	16	24	31	39	47
1,6	5	9	14	19	23	28	6	11	17	22	28	33	7	13	20	27	33	40	8	16	24	32	40	48
1,8	5	10	15	19	24	29	6	11	17	23	28	34	7	14	21	27	34	41	8	16	25	33	41	49
2	5	10	15	19	24	29	6	12	18	23	29	35	7	14	21	27	34	41	8	17	25	33	42	50
2,2	5	10	15	20	25	30	6	12	18	23	29	35	7	14	21	28	35	42	9	17	26	34	43	51
2,4	5	10	15	20	25	30	6	12	18	24	30	36	7	14	22	29	36	43	9	17	26	35	43	52
2,6	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	7	15	22	29	37	44	9	18	27	35	44	53
2,8	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54
3	5	11	16	21	27	32	6	13	19	25	32	38	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55
Concentración del cloro (mg/L)	pH = 8,0 Log de inactivación						pH = 8,5 Log de inactivación						pH <= 9,0 Log de inactivación											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0						
<=0,4	8	17	25	33	42	50	10	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70						
0,6	9	17	26	34	43	51	11	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73						
0,8	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	25	38	50	63	75						
1	9	18	27	36	45	54	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78						
1,2	9	18	28	37	46	55	11	22	34	45	56	67	13	27	40	53	67	80						
1,4	10	19	29	38	48	57	12	23	35	46	58	69	14	27	41	55	68	82						
1,6	10	19	29	39	48	58	12	23	35	47	58	70	14	28	42	56	70	84						
1,8	10	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86						
2	10	20	31	41	51	61	12	25	37	49	62	74	15	29	44	59	73	88						
2,2	10	21	31	41	52	62	13	25	38	50	63	75	15	30	45	60	75	90						
2,4	11	21	32	42	53	63	13	26	39	51	64	77	15	31	46	61	77	92						
2,6	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78	16	31	47	63	78	94						
2,8	11	22	33	44	55	66	13	27	40	53	67	80	16	32	48	64	80	96						
3	11	22	34	45	56	67	14	27	41	54	68	81	16	32	49	65	81	97						

NOTA: CT 99,9 = CT para 3-log de inactivación.

ANEXO 2

Ficha técnica para la inspección inicial

A. UBICACIÓN

País:

Nombre de la planta

Localidades abastecidas

Localización:

Departamento: Provincia: Distrito:

Dirección de la planta:

Institución propietaria o administradora:

B. FUENTE DE ABASTECIMIENTO, CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO PREVIO

Fuente de abastecimiento:

- a) Quebrada
- b) Río
- c) Lago o embalse

Tipo de toma

Conducción de agua cruda:

- a) Por gravedad
- b) Por bombeo

Pretratamiento en la obra de toma.

Desarenador

Presedimentador

- a) Largo: m
- b) Ancho: m
- c) Área: m²
- d) Carga superficial: m³/m².d

C. CALIDAD DE LA FUENTE

Solicitar información de calidad del agua cruda de los archivos de la planta de por lo menos un año. Básicamente, promedios mensuales de turbiedad, color, pH, alcalinidad, número más probable (NMP) de coliformes termotolerantes y también promedios diarios de turbiedad del mes más lluvioso y del mes más seco del año.

D. CARACTERÍSTICAS GENERAL DE LA PLANTA

Caudal de la planta

Caudal de proyecto: L/s

Caudal máximo con el que opera la planta: L/s

Indique los meses del año o situaciones en que se da esta condición:

Caudal mínimo con el que opera la planta..... L/s

Indique los meses del año o las situaciones en que se da esta condición:

Tipo de planta: Filtración rápida

- a) Especificar el tipo de tecnología, ejemplo: ETA-SIENCO tecnología importada o patentada.
- b) Modelo
- c) Cantidad de módulo.
- d) Capacidad de producción de cada módulo y la calidad del agua tratada.
- e) Capacidad de producción total de la planta y la calidad del agua tratada.
- f) Condiciones de calidad del agua que entra a la planta.

Gestión de operación de la Planta potabilizadora “Aguas del Duaba” de la ciudad de Baracoa.

g) Procesos y operaciones unitarias que integra la planta.

Año en que se diseñó:

Año en que se remodeló/amplió/optimizó:

Descripción:

- Medidor de caudal.....Tipo:
- Mezcla rápida: Tipo: Punto de aplicación:

Floculadores

Tipo:

b) Número de unidades:

c) Número de tramos:

d) Profundidad útil: m

e) Largo: m

f) Ancho: m

g) Tiempo de retención del proyecto.....min

h) Tiempo de retención del operación.....min

Decantadores

Tipo:

b) Número de unidades por modulo:

c) Área de cada unidad: m²

d) Tasa superficial del proyecto.... m³/m².día

e) Tasa superficial de operación.... m³/m².día

Filtros

a) Tipo de filtro: tasa constante..... Tasa declinante.....

b) No. de unidades por módulo..... No. de unidades totales....

c) Tipo de lecho filtrante: simple..... doble.....

d) Área de cada filtro..... m²

e) Tasa de filtración promedio de diseño

f) Tasa de filtración promedio de operación

g) Velocidad de lavado promedio de diseño.

h) Velocidad de lavado promedio de operación.

Dosificación

a) Coagulante: Tipo de dosificador..... Número.....

b) Polímero: Tipo de dosificador..... Número.....

c) Cal: Tipo de dosificador..... Número.....

d) Cloro: Tipo de dosificador..... Número.....

E) Observación general.

Indicar cualquier situación extraordinaria observada en la planta.

F) Diagnóstico preliminar

Se efectuará sobre la base de todo lo observado y la información procesada y se indicará cuáles son los procesos más críticos cuyas unidades requieren ser evaluadas con profundidad para determinar el origen de los problemas

Anexo 3

Medición en la entrada del tanque.

