



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

Trabajo de Diploma

Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico

**Algunas consideraciones del sector hidrométrico casa de
piedra, ciudad Guantánamo.**

Autor: Roberto Navarrete Preval

**Tutores: MSc. Prof. Onell Pérez Hernández
MSc. Eudel Michel Rojas
Ing. Edian Matos Romero.**

Santiago de Cuba, julio del 2020

Pensamiento



“El estudio, la responsabilidad y dedicación, el respeto, el desinterés y patriotismo; son valores que se deben fomentar en nuestra juventud para continuar siendo una nación próspera y sostenible”

Fidel Castro Ruz.

Dedicatoria

Dedicatoria

Dedico este trabajo de diploma a las personas que de una forma u otra han contribuido positivamente a que llegara a este punto de mi vida.

A mis padres que años tras años más que apoyado han luchado incansablemente conmigo por tal de que llegara a la meta encomendada en la universidad, graduarme.

A mi hermano que nunca paró de aconsejarme, darme fuerza y confiar en mí.

A mi tía Estrella que siempre estuvo pendiente a mis resultados y tener esa comprensión conmigo que siempre la ha caracterizado.

A la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Guantánamo por la confianza entregada al confiarme este trabajo de diploma.

Agradecimiento

Agradecimiento

A mi tutores Eudel Michel Rojas, Edian Matos Romero y en especial a Onell Pérez Hernández por ser mi guía, padre y amigo desde la primera llegada tarde hasta el día de hoy y espero así perdure por siempre.

A las amistades que estuvieron para guiarme y apoyarme con mis estudios, en especial a Marlon, Jose y otros que ya no se encuentren en la universidad presente.

A mi primo Daniel y mi hermanita Yudith por sus apoyos.

A los profesores Segundo Pereda, Pavel Vargas y al Departamento de Ingeniería Hidráulica que me han instruido profesionalmente,

Resumen

Resumen

El trabajo fue solicitado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAA) de Guantánamo, donde se realizan algunas consideraciones del sector hidrométrico de la localidad "Casa de Piedra" del municipio Guantánamo, provincia Guantánamo. Esta investigación aborda sobre el sistema tecnológico de dicho sector y obras hidráulicas que los componen, logrando así realizar una revisión bibliográfica de la zona de estudio y la caracterización del sistema y las obras, tales como la presa Faustino Pérez del poblado Argeo Martínez municipio Manuel Tames, la planta potabilizadora Guaso de la misma localidad y la conductora instalada desde la planta hasta el sector. Se brindan recomendaciones que de efectuarse mejorará la gestión de sectorización de este trabajo.

Abstract

Abstract

The work was requested by the Guantánamo Aqueduct and Sewer Company (EAA), where some considerations are made on the hydrometric sector of the "Casa de Piedra" town of the Guantánamo municipality, Guantánamo province. This research deals with the technological system of said sector and the hydraulic works that compose them, thus achieving a bibliographic review of the study area and the characterization of the system and works, such as the Faustino Pérez dam in the Argeo Martínez town, Manuel Tames municipality. , the Guaso water treatment plant in the same town and the conductor installed from the plant to the sector. Recommendations are provided that, if made, will improve the management of the sectorization of this work.

ÍNDICE

Índice

Pensamiento	II
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	VI
Resumen	VIII
Abstract	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS DE ABASTOS DE AGUA POTABLES	8
1.1 Antecedentes Históricos	8
1.2 Sistema Tecnológico	10
1.2.1 Fuente de Abasto	11
1.2.2. Obra de Toma	13
1.2.3 Conductora	14
1.2.4 Planta Potabilizadora.....	14
1.3.1 Importancia del tratamiento del agua para el consumo humano	15
1.4 Sistema de abasto.....	15
1.5 Consumo de agua en un sistema de acueducto	21
1.6 La sectorización hidrométrica.....	23
1.6.1. Objetivo y ventajas de la sectorización.....	24
CAPÍTULO 2. CONSIDERACIONES DEL SISTEMA DE ABASTO DE AGUA DEL SECTOR HIDROMÉTRICO “CASA DE PIEDRA DE GUANTÁNAMO”	28
2.1 Descripción del sistema de abasto de agua del sector hidrométrico “Casa de Piedra” del municipio Guantánamo	28
2.2 La presa Faustino Pérez	29
2.3 Planta potabilizadora.....	30

2.3.1 Componentes y datos de planta	31
2.4 Sistema de distribución	33
Conclusiones.....	37
CONSIDERACIONES:	39
Referencia Bibliográfica	41
Bibliografía	44
Anexos	47

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso indispensable para todo proceso relacionado con la vida, es un producto primario tanto para la actividad doméstica, así como para las actividades urbanas y agrícolas. La disponibilidad de este recurso está totalmente ligada al bienestar y prosperidad de cualquier sociedad, de ahí la importancia que cobra la buena gestión de las Redes de Abastecimiento de Agua Potable (RDAP).

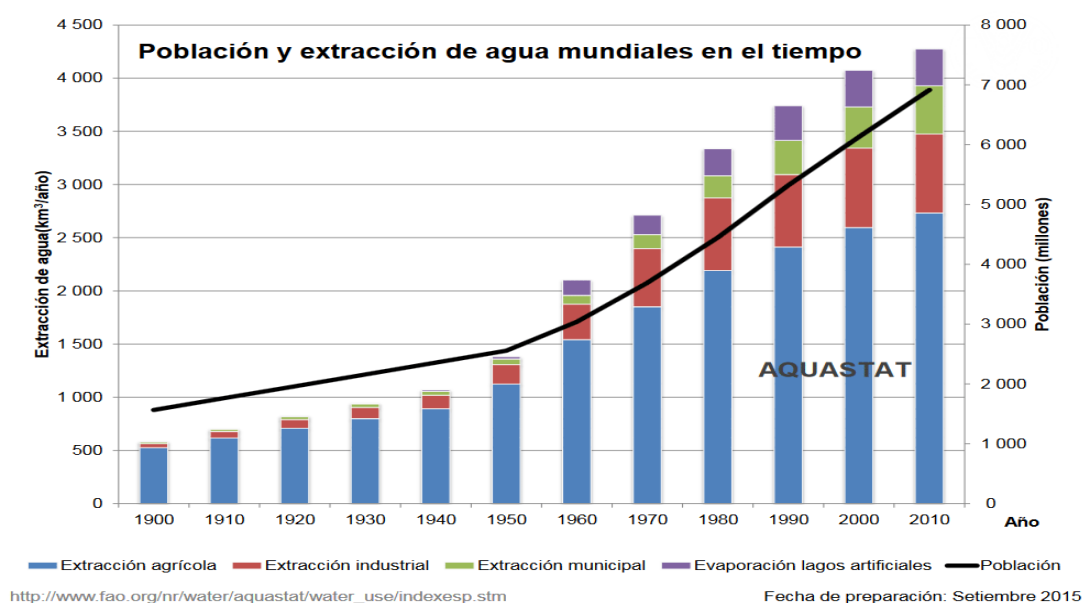


Grafica 1: Disponibilidad del agua a nivel mundial

(<https://agua.org.mx/en-el-planeta>) (1)

Estas son las infraestructuras que permiten transportar el recurso en cuestión desde las fuentes hasta los consumidores; es decir, a través de ellas se da el proceso de abastecimiento de agua potable. En tal sentido, es importante

hacer notar la relación directa que existe entre la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable de la que dispone cualquier ciudad (o localidad) y su grado de desarrollo y modernidad. Muchas ciudades del mundo cuentan con grandes redes de agua potable, abastecidas por varias fuentes interconectadas entre sí por medio de la propia red. En estas condiciones es difícil controlar el agua entregada y la consumida, condición indispensable para un diagnóstico y reducción de las pérdidas de agua (Campbell, 2013). (2)



Grafica 2: Crecimiento de la población y extracción de agua en el mundo

(<https://agua.org.mx/en-el-planeta>) (1)

A fin de mejorar la eficiencia hídrica de los sistemas de abastecimiento, y tener un mayor conocimiento del destino del agua, muchos gestores están optando por sectorizar la red que consiste básicamente en subdividir la red en áreas o sectores propiamente dichos, también llamados DMAs (District Metered Area) o sectores hidrométricos, con unas entradas y salidas del agua a cada sector perfectamente controladas (Vegas, 2012). (3)

Garantizar el servicio de agua a la población y hacerlo con una calidad requerida se encuentra entre las prioridades del Estado cubano. A pesar de la intensa sequía que sufre el país resultan significativos los esfuerzos que se realizan en este sentido para suministrar agua potable a ocho millones 35 397 cubanos, 25 400 más que en 2015, a través de los sistemas de acueducto del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Un total de 2 484 asentamientos poblacionales están siendo beneficiados con agua purificada en las diferentes instalaciones con que cuenta el INRH, lo cual también es fruto de la discreta recuperación del Programa de Reducción de Pérdidas, Hidrometría y Sectorización, además de las rehabilitaciones (Granma, 13 de marzo del 2017).(4)

La ciudad de Guantánamo no queda ajena a esta problemática, más de 17 mil 800 pobladores de unos 65 asentamientos carecen hoy de agua y se abastecen de forma alternativo, debido a esta situación se realizará un estudio técnico del servicio de abasto de agua al sector hidrométrico de la localidad Casa de Piedra en Guantánamo para evaluar la calidad actual del servicio de abasto de agua en esta zona y garantizar un suministro de agua con calidad las 24 horas del día en correspondencia con la actualización de los trabajos de remodelación ejecutados en las redes.

La zona Casa de Piedra de la ciudad de Guantánamo cuenta con una extensión territorial de unas 110 hectáreas, para una población perspectiva de unos 446 habitantes repartidas en unas 161 viviendas, y posee infraestructuras adecuadas en redes eléctricas y telefónicas, no así en la de redes viales, acueducto, alcantarillado y drenaje pluvial.

(Venceremos, 20 de agosto del 2018) (5)

La realización de este trabajo responde a una solicitud realizada por la Dirección Provincial de los Recursos Hidráulicos de Guantánamo y en su efecto contractual la Empresa de Servicios Ingenieros Este (Cauce) por medio del Grupo de Gestión Guantánamo.

El área objeto de estudio se encuentra en el municipio Guantánamo, específicamente en la zona Noreste de la ciudad. La misma abarca desde el área aledaña al barrio España Chiquita cercano a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado hasta el Hotel Los Cedros y biplantas aledañas. La región donde se enmarca el trabajo se caracteriza por poseer un relieve de llanura suavemente ondulada.

Por lo antes expuesto, se propone el siguiente diseño de investigación:

Problema científico

La no existencia en un documento único sobre la descripción del sector hidrométrico “Casa de Piedra”.

Objeto de investigación

El sistema tecnológico del acueducto del sector hidrométrico “Casa de Piedra” ciudad Guantánamo.

Objetivo General

Brindar algunas consideraciones del sector hidrométrico “Casa de Piedra” teniendo en cuenta la descripción del sistema tecnológico objeto de estudio y presentarlo en un documento único.

Campo de acción

Sector hidrométrico de la “Casa de Piedra” ciudad Guantánamo.

Objetivos específicos.

1. Realizar una Revisión Bibliográfica de la zona de estudio y los temas a tratar en la elaboración de este documento.
2. Caracterizar el sistema tecnológico del sector hidrométrico “Casa de Piedra” ciudad Guantánamo.

Hipótesis

Si se tuvieran las consideraciones del sector hidrométrico “Casa de Piedra” en un documento único del sector hidrométrico “Casa de Piedra” ciudad Guantánamo, permitirá contar con los elementos técnicos necesarios para tomar decisiones y mejorar la calidad del servicio en esta zona.

Tareas a Desarrollar

- Recolección de información teórica y técnica sobre el objeto de investigación.
- Elaboración del diseño de investigación.
- Revisión Bibliográfica referida al tema de estudio.
- Presentación de los resultados en un documento único en formato de trabajo de diploma.

CAPITULO 1

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS DE ABASTOS DE AGUA POTABLES

En este capítulo se abordan los referentes teórico-conceptuales de los sistemas de abasto de agua potable, su concepto, aspectos fundamentales sobre el metraje del consumo de agua y la sectorización hidrométrica.

1.1 Antecedentes Históricos

Cualquier asentamiento humano, por pequeño que sea, necesita disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales. La solución empleada desde antiguo consistía en establecer el poblamiento en las proximidades de un río o manantial, desde donde se acarrea el agua a los puntos de consumo. Entonces se puede decir que un acueducto es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.

El primer acueducto se denominó “Jerwan”, construido en el año 700 a.C., en Nínive, capital de Asiria. En esa misma época, Ezequías, rey de Judá (715 a 586 a.C.), planificó y construyó un sistema de abastecimiento de agua de 30 km de longitud para la ciudad de Jerusalén. (www.La Nación.com, Los acueductos en la historia)(6)

El poderoso Imperio Romano desarrolló muchos acueductos a partir del año 312 a.C. con fuentes de aguas subterráneas como Aqua Appia bautizado, luego, como la Vía Apia, en honor a Apio Claudio, el emperador. En el año 145 a.C., el pretor Marcio construyó el primer acueducto que transportaba agua a nivel del suelo, con 90 km de longitud, llamado Agua Marcia. (Obtenido del portal web La Nación, Los acueductos en la historia)

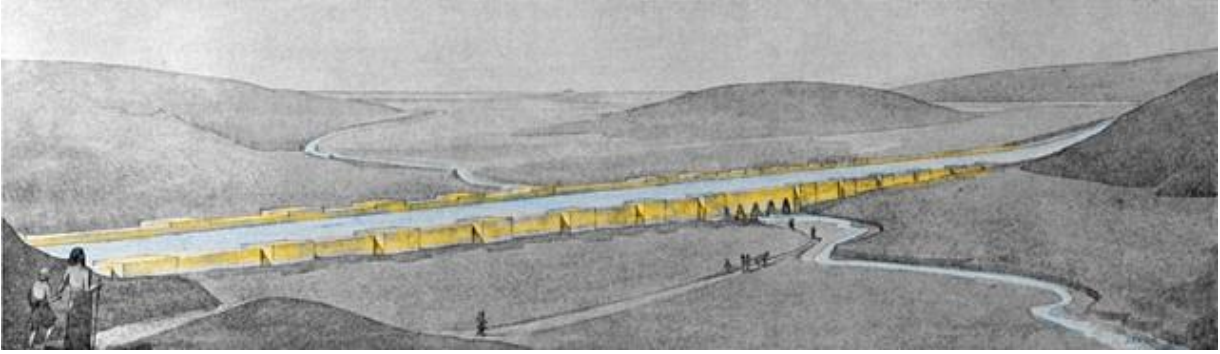


Foto 1: Primer Acueducto “Jerwan”

En Latinoamérica, las culturas indígenas aztecas, en México; mayas, en Guatemala; e Incas en Perú y Bolivia, crearon verdaderas obras de ingeniería para abastecer a sus poblaciones. Un ejemplo nacional es el acueducto de Guayabo, Turrialba, construido hace más de 1.000 años y declarado Patrimonio de la Ingeniería por la Asociación Americana de Ingenieros (2009). (www.La Nación.com, Los acueductos en la historia) (6)

En Cuba tuvo gran significación la construcción del acueducto de La Habana por el ingeniero Francisco de Albear. El proyecto de conducción de las aguas de los manantiales de Vento a la ciudad de La Habana fue aprobado por la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos de Madrid el 17 de noviembre 1857, y por el capitán general de la Isla de Cuba, Leopoldo O’Donell, en octubre del año siguiente. La primera piedra del nuevo acueducto se colocó el 26 de junio de 1861. (Zardoya 2013) (7)

1.2 Sistema Tecnológico

Los sistemas tecnológicos son técnicas u objetos orientados a la facilitación o

disminución del trabajo humano; cuando hablemos de un sistema tecnológico, nos estaremos refiriendo a un conjunto de componentes y variables que contextualizarán la acción técnica humana. Cabe destacar que éstos utilizan los elementos disponibles y apropiados para reordenar el espacio

En estricto rigor, los sistemas tecnológicos son conjuntos de unidades activas interconectadas que transforman, almacenan, transportan o controlan materiales, sustancias, energía e información para fines particulares. De esta forma, en cualquier sistema, prima la importancia del trabajo conjunto de las partes por sobre sus aportes individuales.

Se entiende como sistema tecnológico de la red de abasto de agua potable al conjunto de instalaciones, dispositivos, accesorios, elementos y personal cuyo objetivo es garantizar el suministro a determinados usuarios.

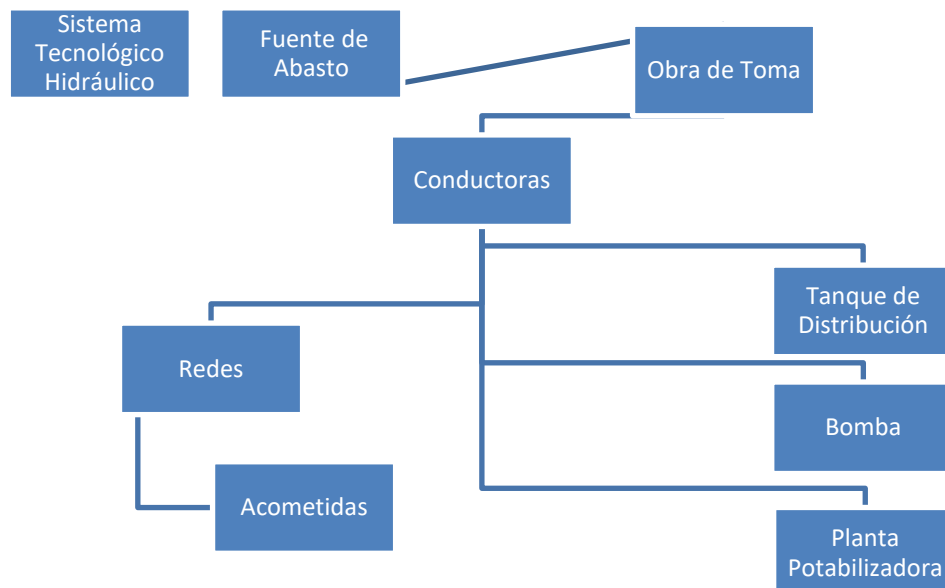


Foto 1: Primer Acueducto “Jerwan”

(Díaz Duque José Antonio) (8)

1.2.1 Fuente de Abasto

La fuente de abasto es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta dentro de los sistemas que componen un acueducto. Ya que nos permite saber la disponibilidad de este recurso para su posterior explotación.

El agua desde el punto de vista de su utilización para el consumo humano se puede clasificar en: agua pura, agua potable, agua sospechosa y agua mala. (Rojas, 1977)

(9)

Recordando lo visto al tratar el ciclo hidrológico del agua, de acuerdo a la forma en que se encuentra en la naturaleza, las distintas fuentes de provisión de agua, son las siguientes:

- Aguas Meteóricas
- Aguas Superficiales
- Aguas Sub-Álveas
- Aguas Subterráneas

Aguas meteóricas:

Son las provenientes del agua de lluvia, su captación debe ser sobre un terreno preparado adecuadamente.

Aguas superficiales:

Se denominan así a las aguas provenientes de los ríos, arroyos, lagos, etc.

Aguas Sub-alveas:

Son las aguas que corren por el subálveo del río. Se captan en general mediante pozos filtrantes o galerías filtrantes. Son en general aguas de muy buena calidad ya que han sufrido un proceso natural de filtración.

Aguas Subterráneas:

Son las aguas que se encuentran en el subsuelo. Podemos distinguir 3 tipos de fuentes subterráneas distintas según la posición del agua en el suelo.

- Aguas subterráneas profundas

- Aguas freáticas o de primera napa
- Manantiales

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente de agua del que se obtienen en:

- Agua de lluvia, almacenada en aljibes.
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie.
- Agua subterránea, captada a través de pozos o galerías filtrantes.
- Agua superficial proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales
- Agua de mar (esta debe necesariamente ser desalinizada).

Según el origen del agua, para transformarla en agua potable deberán ser sometidas a tratamientos, que van desde la simple desinfección y filtración, hasta la desalinización.

Según (Batista Silba, J. Luís, 1985) (10) los recursos hídricos en Cuba definen una distribución no uniforme, debido a la configuración y localización geográfica, es decir, sus magnitudes varían considerablemente en algunas regiones

El abastecimiento de agua potable a las comunidades rurales por lo general consiste en un pozo o en un arroyo. La seguridad de los pozos se debe a que el agua no se ve expuesta a basuras y contaminación, además, por debajo de los 30 metros de profundidad no es posible la sobrevivencia de parásitos que comúnmente afectan al ser humano, lo que asegura la calidad del agua. En algunos casos en que el agua resulta insuficiente en cantidad, el abastecimiento se garantiza mediante pipas o carros cisternas.

1.2.2. Obra de Toma

La obra de toma es la estructura hidráulica de mayor importancia de un sistema de abastecimiento y no es más que un conjunto de estructuras y sus auxiliares que permiten extraer agua del curso de un río o de algún tipo de embalse (natural o artificial) en condiciones satisfactorias de flujo y con un control adecuado. El diseño varía teniendo en cuenta las condiciones geológicas y topográficas, el lugar donde se realiza la extracción y las variaciones del caudal a extraer. En grandes ríos o grandes presas se puede requerir de varias tomas, o bien una toma con varios pasajes o conductos. En general una obra de toma consiste en una estructura de entrada, conductos, mecanismo de regulación y emergencia con su equipo de operación y dispositivos para disipación de energía. (Pérez 2005) (11)

Es necesario separar en el término general de “obra de captación” el dispositivo de captación propiamente dicho y las estructuras complementarias que hacen posible su buen funcionamiento.

1.2.3 Conductora

La conductora es la tubería que conduce el agua desde la fuente de abasto hasta las redes de distribución pasando por un tanque de distribución o compensación (puede existir o no). La misma debe estar diseñada de tal manera que sea capaz de conducir el caudal correspondiente al consumo máximo diario al final del periodo de diseño. (González 2017) (12)

Las conductoras pueden ser construidas de diferentes materiales (hierro fundido, hormigón, centro de acero, plástico, otros). Las velocidades recomendadas para esta conducción oscila entre 0.9 y 1.2 m/s, pero si la conductora trae el flujo por gravedad desde la fuente de abasto puede considerarse hasta la velocidad máxima permisible en tuberías a presión que es 3m/s, lo que pone en peligro la ocurrencia del golpe de

ariete, lo cual es necesario estudiar y prevenir en la construcción de dichas conductoras. (Rojas 1977) (13)

1.2.4 Planta Potabilizadora

Es el principal sistema hidráulico para garantizar un correcto tratamiento del agua, en otras palabras se encarga de someter el agua superficial o subterránea de un río, o de cualquier otro embalse, a varios procesos con la finalidad de garantizar que sea apta para su consumo y uso en las actividades diarias de la población.

Algunas Fases del Tratamiento del agua en una planta potabilizadora

- **Captación:** Se recolecta el agua. Este proceso suele hacerse con un conjunto de electrobombas que elevan el líquido hasta la cámara de carga y que posteriormente se lleva a los tanques. Durante el bombeo de agua, esta pasa por medio de rejas de diferentes tamaños con la finalidad de retener la mayor cantidad de residuos sólidos.
- **Coagulación:** En el agua de los tanques se separan todas las partículas para que floten y puedan ser extraídas. Se forman sólidos que son conocidos como flóculos (floculación), coágulos o grumos. En este proceso se eliminan algas y plancton.
- **Sedimentación:** En esta etapa, por la gravedad, el flóculo cae al fondo del tanque sedimentador y el agua queda lista para el próximo proceso.
- **Filtración:** El agua es conducida a través de un medio poroso, la mayoría de las veces arena o carbón, con la finalidad de remover las partículas sólidas suspendidas en el agua que a la vez se clarifica.

Desinfección: En esta fase se eliminan los organismos y agentes patógenos causantes de enfermedades y el agua queda lista para su empleo.

(González Díaz, Orestes 2001) (14)

1.3.1 Importancia del tratamiento del agua para el consumo humano

H 2 O + (X) TRATAMIENTO H 2 O POTABLE

(Pérez Hernández, Onell, 2001) (15).

El tratamiento de las aguas consistirá precisamente en una serie de procesos que permitirán transformar las propiedades de un agua determinada, para que cumplan los requisitos de calidad que se requieren para el uso que está destinada. Si el destino es el consumo humano, el tratamiento estará encaminado a hacerla potable y agradable al paladar, es decir segura y apta para el consumo humano, y si es un cuerpo de agua, receptor de aguas residuales éstas deberán ser tratadas para cumplir las exigencias ambientales y de salud establecidas para ese cuerpo receptor. En ambos casos las sustancias indeseables son removidas de las aguas que son tratadas y/o transformadas en aceptables. Más claramente, los componentes indeseables son suprimidos o transformados en aceptables.

(Reynoso Fagundo, Juan y otros autores 1992) (16)

1.4 Sistema de abasto

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. (NC 93-02 "Norma Cubana del Agua Potable. Requisitos Sanitarios y muestreos. 1985) (17)

Según (NC 93-11 Norma Cubana de Fuentes de Abastecimiento de Agua. Calidad y Protección Sanitaria. 1986) (18), los componentes de un sistema de abastecimiento de agua son:

- Fuente de Abasto.

- Equipo de Bombeo.
- Conducción.
- Depósito.
- Tratamiento.
- Red de Distribución.
- Acometida.

Fuente de Abasto: La fuente de agua más importante es la lluvia, ya que se recarga directamente en los embalses o en las cuencas de captación, dando vida a una red de ríos de una zona. El agua de la capa freática es agua de lluvia que se ha filtrado a través de capas de roca y se ha acumulado a lo largo de los años, esta se encuentra bajo presión y brota a la superficie en forma de manantial. Por estas razones las fuentes de abastecimiento se divide en dos grandes grupos como lo son:

A. Agua superficial: En esta área incluye arroyos, ríos, lagos y los manantiales que no estén confinados.

B. Agua subterránea: Es todo aquella que proviene de grietas del subsuelo, que puede aflorar a la superficie o artificialmente a través de una bomba.

Conductora: Son las principales arterias de los sistemas de abastecimiento de agua (tubería de aducción y transporte), estas son la de diámetros mayores de 500 mm.

Estas pueden ser de diferentes materiales Hierro Fundido, Asbesto Cemento, Aceros y en la actualidad el Polietileno con gran aplicación en los sistemas de Acueductos por las ventajas que este ofrece.

Depósito: El depósito es un elemento importante en el sistema de abasto de agua. Tiene como finalidad el almacenamiento y entrega de agua en el momento de mayor demanda.

Clasificación:

Según su posición:

- Elevado.

- Apoyado.
- Enterrado.
- Semienterrado.

Según su finalidad:

- Depósito de distribución de cabecera.
- Depósito de compensación y de cola.

Parámetros que se miden o deben conocerse.

Volumen de Almacenamiento: Es el volumen o capacidad de almacenamiento del depósito, las unidades de medida más utilizada es el m³.

Nivel del Depósito: Es el nivel del agua en el depósito y este representa un volumen.

Cota de Solera: Es la cota de fondo del depósito.

Planta de tratamiento: Un sistema de abastecimiento de agua debe de proveer a la población una buena calidad de agua bajo el punto de vista físico, químico, biológico y bacteriológico. En función de las características cualitativas del agua que proveniente de los manantiales, se procede a la depuración del agua en instalaciones denominadas “Estaciones de depuración”. Los análisis químicos, físicos y bacteriológicos del agua de las fuentes abastecedoras son los que determinan o no la necesidad de someter esa agua a procesos correctivos a fin de garantizar una buena calidad de la misma. Los procesos son determinados en función de los patrones de potabilidad internacionalmente aceptados para el agua de abastecimiento público. Con base a inspecciones sanitarias junto con resultados representativos de exámenes y análisis que cubren un período razonable de tiempo. Las aguas de los manantiales varían sensiblemente en el transcurso del año, sobre todo las aguas provenientes de manantiales superficiales. Dichos procesos tienen como objetivo diferentes finalidades entre los cuales se describen a continuación:

- Finalidades higiénicas: remoción de bacterias; eliminación o reducción de sustancias tóxicas o nocivas; reducción del exceso de impurezas; reducción de porcentajes elevados de compuestos orgánicos, alga, protozoarios y otros microorganismos.
- Finalidades estéticas: corrección del color, turbiedad, olor y sabor.
- Finalidades físico químicas: reducción de la corrosividad, dureza, turbiedad, hierro, manganeso, olor y sabor.

Los principales procesos utilizados en las plantas de tratamiento son la aireación, floculación, decantación, filtración y desinfección, siendo este último el tratamiento por contacto. A continuación se describen cada uno de los procesos que se aplican en la potabilización del agua para consumo humano.

- Aireación: La aireación de las aguas es realizada para remover los gases disueltos en exceso en las aguas (CO_2 , H_2S), remoción de sustancias volátiles y la introducción de oxígeno (inclusive para la oxidación de fierro).
- 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: La decantación o sedimentación es un proceso dinámico de separación de partículas sólidas suspendidas en el agua, donde las partículas más pesadas caen al fondo. Disminuyendo la velocidad de flujo de las aguas y reduciendo los efectos de turbulencia se provoca el asentamiento de las partículas. Esto es posible en tanques donde se trata de evitar al máximo la turbulencia, denominándose recipientes de sedimentación.

- Filtración: En un sistema de tratamiento de agua la filtración consiste en pasar el agua en capas porosas capaces de retener impurezas. El material poroso comúnmente empleado como medio filtrante es la arena, en la que se puede utilizar materiales como carbón (antracita) y el granate.
- 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).
 - b) Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})$.
 - c) Hipoclorito de sodio $\text{Na}(\text{ClO})$.
 - d) Cal clorada (CaOCl).

Las aguas que llegan a una planta de tratamiento contienen agentes reductores (compuestos orgánicos e inorgánicos como nitritos, iones de hierro, plomo y sulfuros), así como microorganismos y bacterias.

Red de Distribución: Los elementos descritos en las secciones anteriores pueden ser conjugados de diferentes formas, atendiendo a las características propias de la fuente a explotar y de las necesidades de la localidad a la que se abastecerá. Por lo tanto, existen tres tipos sistemas que se describen a continuación:

- a) Sistema ramificado: En el tipo ramificado de red de distribución, la estructura del sistema es similar a un árbol. La Línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua, y de ésta se derivan todas las ramas.
- b) Sistema malla: El rasgo distintivo del sistema en malla, es que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales.
- c) Sistema combinado: De acuerdo con las características de la zona, son ampliaciones a la red de distribución en malla con ramas abiertas dando como resultando un sistema combinado.

Acometida: Es la conducción y accesorios que enlaza la red de distribución pública con la instalación interior del edificio.

Parámetros que se mide:

Presión de Entrega. Es la presión con la que el cliente recibe el agua, la cual puede ser regulada por la válvula de regulación que se instala en la acometida.

Instrumentos Utilizados.

Para la presión de entrega se utilizan los manómetros metálicos y diferenciales.

1.5 Consumo de agua en un sistema de acueducto

La mejor forma de controlar el consumo es mediante la medición directa de la cantidad de agua utilizada por cada tipo de cliente (residencial o no residencial) por medio de hidrómetros, denominándose a este proceso micro medición. Medir el consumo de agua es la mejor forma para garantizar un pago equitativo por el servicio de agua potable esta medición trae también beneficios ambientales al fomentar la conservación y uso eficiente del agua potable la cual permite establecer un marco de operación que favorece la transparencia en el trato al usuario, la distribución equitativa del agua y el pago justo por el servicio que ofrece, además permite detectar cuando hay un consumo inusual o fugas en el sistema. (Barreda, 2017) (19)

Este proceso de micro medición es el conjunto de acciones permanentes destinadas a obtener, procesar, analizar, y divulgar datos operacionales relativos a la medición directa del volumen de agua real consumido por cada cliente registrado el cual constituye la base del proceso de facturación y cobro que garantiza la sustentabilidad del servicio de abasto.

Según (Barreda, 2017) (19), el establecimiento de un programa de micro medición, contempla la selección de los tipos y tamaños de hidrómetros, a instalar no solo en función de los diámetros de las acometidas de los usuarios, es decir, no solo fijar el diámetro nominal de conexión de medidor, sino sus características de diseño y

requerimientos de funcionamiento, rango de caudales que mide, la precisión de lectura, las pérdidas de presión que genera, los precios de adquisición y costos de instalación y mantenimiento, ya que es el instrumento que se utiliza para medir la cantidad de agua que pasa por la tubería. Constituye por tanto un proceso para la obtención de información fundamental para lograr una adecuada Gestión Integrada de Operación del Sistema de Abasto de Agua Potable, que permite:

1. Crear las bases de datos de clientes y estadísticas de comportamiento histórico del consumo medio facturado y cobrado.
2. Realizar el balance entre los volúmenes de agua suministrados en las entradas de las redes de distribución.
3. Evaluar la eficacia y eficiencia de la Gestión Integrada de Operación del Sistema de Abasto de Agua Potable.
4. Planear y ejecutar los programas de rehabilitación y mantenimiento preventivo o correctivo de las redes de distribución y acometidas.
5. Evaluar la reserva disponible de capacidad de diseño de las redes de distribución de agua potable.
6. Evaluar el sistema de micro medición existente, incluyendo el grado de adecuación de los hidrómetros domiciliarios al régimen de demanda de los clientes, la exactitud, presión y sensibilidad de los equipos, eficiencia del mantenimiento, nivel de eficacia de lectura y procesamiento de datos y facturación.
7. Implementar programas de micro medición en comunidades similares.
8. Realizar el balance de agua para evaluar la eficiencia del consumo del agua facturada a clientes con relación al agua producida.
9. Determinar el comportamiento de los consumos promedios y horarios por sectores hidrométricos.

1.6 La sectorización hidrométrica

La sectorización, que es considerada como una opción estratégica, implica la subdivisión de la red en subredes con una entrada de agua controlada. En cada segmento de subdivisión se maneja un valor máximo de demanda y dentro de ellos se trata de mantener una homogeneidad en lo que a elevación de terreno se refiere. Como uno de los grandes beneficios de su implementación se destaca el aumento de la facilidad con la que se detecta cualquier anomalía dentro de la red debido a la reducción de su tamaño (Herrera, 2011) (20). Contar con una red sectorizada permite no sólo aplicar técnicas particulares de control de fugas, sino además permite implementar modelos de gestión diversos (Campbell, 2013) (2).

Según lo planteado en el curso de sectorización realizado en el 2017, la Gestión Integrada de Operación de un Sistema de Acueducto se hace más engorrosa, problemática e ineficaz directamente proporcional a los siguientes parámetros:

- La extensión territorial que abarca.
- La densidad demográfica.
- La diversidad y complejidad de su infraestructura tecnológica.
- Población con cobertura del servicio de acueducto.
- Tipologías predominantes viviendas.
- Características económicas, sociales y culturales de la población residente.

Por ello se requiere la estructuración del sistema de acueducto en sectores de extensión territorial relativamente pequeña, simplificándose la infraestructura tecnológica, reduciendo la cantidad de clientes servidos, predominio de una tipología de vivienda, y facilitando la gestión integrada de operación técnica y comercial (Barreda 2017) (19).

Sectorización.- Proceso de subdivisión de las redes de distribución de un sistema de acueducto en áreas de extensiones de territorio relativamente pequeñas, delimitadas

física e hidráulicamente, cuyo volumen de entradas de suministro de agua a la red de distribución está controlada.

Sector Hidrométrico.- Unidad estructural del sistema de acueducto, con delimitación física e hidráulica de sus redes de distribución e independencia operacional tecnológica y comercial.

Sector Hidrométrico Cerrado.- Sector hidrométrico del sistema de acueducto con independencia operacional tecnológica y comercial, que cuenta con hidrómetros en los puntos de entrada de suministro a las redes de distribución, y medido el consumo de todos los clientes localizados dentro de sus límites físicos.

1.6.1. Objetivo y ventajas de la sectorización.

La sectorización tiene como objetivo mejorar el rendimiento técnico de la red de abasto teniendo en cuenta que debe ser aprovechada al máximo toda el agua que entra al circuito, para lo que se hace necesario conocer en detalle la red de distribución. Definir la instalación de los medidores necesarios para contabilizar el agua que entra a cada sector, así como de cada usuario de manera independiente. Aumentar el horario de servicio en las zonas más afectadas. Mejorar las presiones de servicio. Estricto control de todos los clientes, manteniendo una vinculación estrecha con la actividad comercial para la depuración correspondiente de sus bases de datos. Todo esto permite asegurar un servicio eficiente con el consiguiente ahorro de los recursos hídricos.

Las ventajas de la sectorización hidrométrica del sistema de acueducto son:

- Por su relativa poca extensión territorial, regularidad del relieve topográfico, simplicidad estructural, e independencia de operación tecnológica, se simplifica y

facilita el control, la evaluación y la optimización de la gestión de operación hidráulica, de saneamiento y comercial.

- Facilita la elaboración y calibración de los modelos de simulación del comportamiento hidráulico del sistema tecnológico para diversos escenarios de operación, que incluyen:
 - El modelo de simulación del comportamiento hidráulico para las demandas promedio y máximas de los usuarios.
 - El modelo de simulación del comportamiento hidráulico para los consumos medidos
 - Modelos de simulación del comportamiento hidráulico para la evaluación preventiva de alternativas de operación del sistema de acueducto y el adecuado control de aplicación de éstas, que permite además, la correcta toma de decisiones ante contingencias extremas como los provocados por incendios, frecuentes períodos de intensas sequías, y los potenciales riegos generados por huracanes y terremotos a que está expuesto el territorio.
- Facilita ejecutar racionalmente los programas de instalación de hidrómetros para la macro y micro medición con la finalidad de controlar y balancear los volúmenes de suministro de agua al sector hidrométrico y los volúmenes consumo de agua por tipo de usuario y las pérdidas físicas.
- Conformar rutas de lectura de los hidrómetros y de facturación del servicio de abasto exclusivas del sector hidrométrico que permita el análisis y la reducción de las pérdidas de agua comerciales y las cuentas por cobrar.
- Crear las bases de datos de clientes y las estadísticas del comportamiento histórico del consumo medido y facturado.
- Se hace factible alcanzar un mayor equilibrio en la relación suministro – consumo medido – consumo facturado – demanda de agua.

- Realizar estudios para la determinación del comportamiento de las demandas de aguas promedio y horarias para proponer regulaciones y curvas de modulación del comportamiento horario de las demandas para su utilización en la gestión de proyecto y de operación de sectores hidrométricos similares.
 - Establecer procedimientos operacionales para lograr la calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de abasto en condiciones normales de explotación.
 - Aplicar eficaz y racional el programa de reducción de pérdidas de agua.
- (Hernández Rossié, Armando D) (21)

Conclusiones parciales₁:

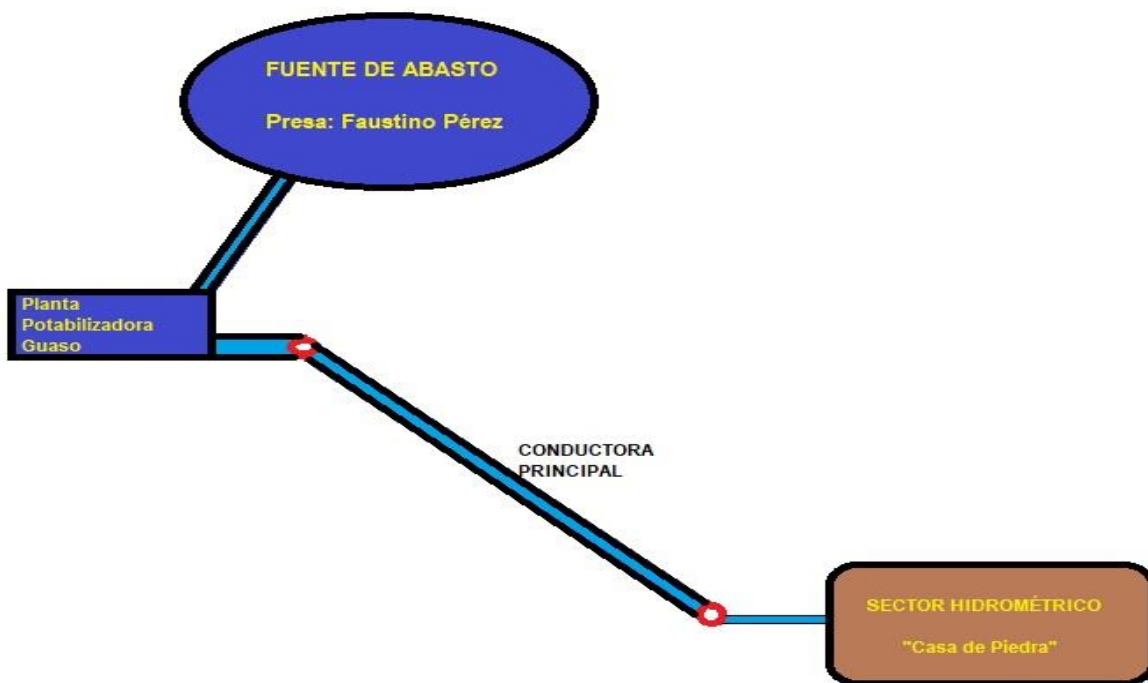
En este capítulo se realizó una adecuada y actualizada Revisión Bibliográfica referente al tema de investigación.

CAPITULO 2

CAPÍTULO 2. SISTEMA DE ABASTO DE AGUA DEL SECTOR HIDROMÉTRICO “CASA DE PIEDRA DE GUANTÁNAMO”

2.1 Descripción del sistema de abasto de agua del sector hidrométrico “Casa de Piedra” del municipio Guantánamo.

Después de realizarse la ruta o recorrido del sistema objeto de estudio , se describe el mismo : la fuente de abasto es la presa Faustino Pérez, conjuntamente con el sistema hidráulico Planta Potabilizadora Guaso, que se encuentra en Argeo Martínez municipio Manuel Tames, provincia Guantánamo. Esta agua llega por gravedad hasta los consumidores.



2.2 La presa Faustino Pérez: su construcción data del año 2000, la misma se halla en la parte noroeste del municipio Manuel Tames y pertenece a la Empresa de Aprovechamiento. Construido fundamentalmente para la regulación del río Guaso y el abastecimiento a gran parte de la ciudad de Guantánamo. El control del nivel del agua es desde una sala totalmente automatizada, con un aliviadero por compuertas y la obra de toma de condición directa. El área de la cuenca es de 95,5 Km² y el río principal es el Guaso. Tiene un volumen total de 26 000 000m³, 22 000 000m³ de volumen útil y 4 000 000m³ muerto, la longitud de la cortina es de 2,4Km.



Figura 2: Presa Faustino Pérez

2.3 Planta potabilizadora

Guaso es una planta potabilizadora de 600 L/s, pero actualmente está trabajando para 900 L/s, la obra está ubicada en el Municipio Manuel Tames entre las coordenadas N: 673 570, 673 670 y E: 174 730, 174 830 a una distancia aproximada de 7,5 Km. de la Ciudad de Guantánamo perteneciente a la provincia Guantánamo.

La planta potabilizadora Guaso recibió un proceso de adaptación de su tecnología para ampliar su capacidad de 600 L/s (18,92 Hm³ /año) hasta 900 L/s (28,3 Hm³ /a). La entidad proyectista es la UEBPI de Holguín (de Francisco Toledo, Raúl) (22)

La planta comenzó su operación después de rehabilitada el 10-11-06 y estuvo en operación 7 meses hasta mayo del 2007, ya que comenzó a deteriorarse

rápidamente, esta corta operación arrojó resultados satisfactorios, faltándole aun así caudalímetros, ya que median por una tabla aforada a la entrada de la obra de repartición, y la calidad era buena.



Foto 3: Planta Potabilizadora Guaso.

2.3.1 Componentes y datos de planta

Equipos de bombeo: Existen 2 bombas de lavados en el cuarto de bomba, marca NORMACEN de 120 L/s 48 kW 220-440 870 rpm, Modelo MGRZ13-8b, 3 bombas de vacío ubicadas en la Obra de reparación, HiBon, modelo MV-12 de 30 amp, 440 3F 3515 rpm,. 2 Bombas de servicio ubicadas en el cuarto de bomba modelo PRISMAS 26-68 L/s tipo 35-3 3400 rpm 220/440 3F, 1 bomba de achique ubicada en el cuarto de bomba marca TGL 11856/01 modelo EVANS H=18 m 92 lpm 3400 rpm.

Cloradores: 3 bombas de cloro ubicadas en el cuarto de bomba, 2 marcas CAPRARI 16 m³/h tipo Y: 2, 3400 rpm 200/400 3F, y 1 marca VLR 8/100^a de 3800 rpm 12 m³/h, vertical 220/440 3F

Dosificadores de alúmina y cal: Existen 2 dosificadores de sulfato de alumina(alumbre) ubicados en el edificio de química marca Dosapro Milton Roy

modelo DEAR PACK 500/Z de 1670 rpm, 80 kg/h 220/440 3F y 1 Dosificador de cal ubicado también en el edificio de química Marca Dosapro Milton Roy modelo DEAR PACK 1000/Z de 1400 rpm 0.75 kW 220/440 3F 80 Kg.

Compresores: Existen 2 compresores de lavado ubicados en área de compresores marca MJPP 225MHG Modelo MV- 60 de 1150 rpm, 48 kW 220/440 3F.

Edificio de Química. Almacén de productos químicos

Puesta en marcha y revisión de los dosificadores de alúmina y de las tuberías de suministro de agua y de dosificación al decantador.

Interconexión opcional del servicio de agua con la línea de descarga de la precloración en el vertedor de entrada de agua cruda.

Válvulas: La planta cuenta con 57 válvulas, 24 son electroválvulas de los filtros de 100mm de mariposa, Marca Inter APP de 10 bars, 6 son para cloración de 25-150 mm de 2 posiciones , otras 6 más de mariposa de 200mm en las bombas para población , 10 de bola de 25 mm para los dosificadores, 2 de 100mm de mariposa en la captación y 1 de 250 mm en las bombas de lavado de filtros., 2 válvulas de 75mm de compuerta para el tanque de neutralización, así como 2 de compuerta de 200 mm para salida de la cisterna de agua tratada.

Instrumentos: La planta cuenta con 1 caudalímetro de 120 L/s marca Endress Hauser, Modelo: Flow X3, Además 20 manómetros y un turbidímetro en línea de marca Endress Hauser, modelo: Liquisys M35-AT.03. un metro pH y un indicador de cloro residual de la misma marca y modelo y códigos 35-AT.02 y 35-AT.01 respectivamente.

Obra de toma: es un canal de hormigón con reja de 15x3x1.5 m hasta una caja de captación de 3x3x2.5m del mismo material.

Depósito de agua tratada: de dimensiones 10 x 12x 3 (400 m³) de hormigón.

Filtros: Con 4 unidades verticales cerrados de acero 3x24m. Diseñados para su operación automatizada. Cuentan con válvulas accionadas eléctricamente y programadas.

(Informe. Planta Potabilizadora “El Guaso” 2016) (23).

2.4 Sistema de distribución

La zona objeto de estudio pertenece al sector hidrométrico “Casa de Piedra”, que funciona de forma independiente y está conectado a la conductora principal de 800 mm de diámetro, de polietileno de alta densidad (PAD), ubicada a la entrada del área para la planta potabilizadora Guaso de la comunidad Argeo Martínez. El punto de conexión se ubica aproximadamente a unos 60 m de la planta, el mismo se realizará mediante una Yee reducida Ø 800 x 315 mm o collarín. Esta conductora tiene como objetivo satisfacer las demandas de agua para la población.

El circuito barrio Casa de Piedra recibe el servicio de abasto de la presa Comandante Faustino Pérez, dicha conductora se reduce a 160 mm, y al entrar a la zona objeto de estudio reduce a 110 mm.

Las redes internas son de 50 mm y las acometidas de 16 mm, para estas reducciones se utilizaron abrazaderas de 50 mm x 16 mm.

Para una población de 446 habitantes distribuidos en unas 161 viviendas (Dirección de Planificación Física) (24), se decidió realizar la instalación de 152

metrocontadores de agua, de ellos actualmente están funcionando 147, esto debido a que se encuentran 5 rotos.



Foto 4: Acometida de Agua

En dicho sector existen 3 instituciones, las cuales también pertenecen a este sistema de distribución, dichas instituciones son, la escuela del Partido, la escuela Emma Rosa y el Hotel del Partido, este cuenta con una piscina la cual no está prestando servicio debido a los problemas con el agua que está presentando la provincia en la actualidad.

La conductora tiene una longitud de 15.1 Km, desde la planta potabilizadora Guaso hasta una de las zonas urbanas del territorio más pobladas y complejas en cuanto a abasto y saneamiento, la misma será de PEAD PN 5. La obra beneficiará a unos 70 mil habitantes y a las más importantes fábricas del polo industrial no alimenticio del territorio. Entre los equipos se incluyen medios especializados que permitirán formar dos brigadas: una perteneciente a la UEB Redes Hidráulicas, para la ejecución de la conductora y las redes internas, y otra del Ministerio de la Construcción, para el drenaje y alcantarillado.



Foto 5: Conectora de 800 mm

Conclusiones parciales:

En este capítulo se brinda una descripción del sistema de abasto de agua del sector hidrométrico “Casa de Piedra del municipio Guantánamo”.

CONCLUSIONES

Conclusiones

1. Se Realizó una adecuada y actualizada Revisión Bibliográfica referente al objeto de estudio.
2. Se describió el sistema tecnológico del sector hidrométrico “Casa de Piedra” de la ciudad de Guantánamo.
3. Se brindan algunas consideraciones del sector hidrométrico “Casa de Piedra” teniendo en cuenta la descripción del sistema tecnológico objeto de estudio y se presenta en un documento único.

Recomendaciones

CONSIDERACIONES:

Se recomienda:

1. Realizar la revisión de este sector hidrométrico ya que, entre otros, no todos los metrocontadores están funcionando.
2. A la UEB Acueductos y Alcantarillados de Guantánamo el uso de este trabajo, el cual contribuirá a mejorar la gestión de operación de este sector hidrométrico y por ende la calidad de vida de sus consumidores.
3. Digitalizar el sector hidrométrico antes mencionado, realizar las mediciones en situs y correrla con el software EPANET en tiempo extendido.
4. Continuar esta investigación donde se llegue a medir la cantidad de agua que entra y sale a dicho sistema, y con ello lograr la eficiencia del mismo.

Referencia Bibliográfica

Referencia Bibliográfica

1. <https://agua.org.mx/en-el-planeta>.
2. Campbell E. (2013). "Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable". Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. España.
3. Vegas O. (2012). "Herramienta de ayuda a la sectorización de redes de abastecimientos de aguas basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios". Tesis en opción del título de Ingeniero Civil. Universidad de Valencia, Valencia, España.
4. Granma, 13 de marzo del 2017.
5. Venceremos, 20 de agosto del 2018.
6. www.La Nación.com, Los acueductos en la historia.
7. Zardoya Loureda María Victoria (2013). El Acueducto de Albear, obra maestra de la ingeniería cubana..
8. Díaz Duque José Antonio. Hacia el uso sostenible del agua en Cuba, IX Congreso Cubano de Geología, Taller sobre aguas subterráneas y contaminación.
9. Rojas, José A. "Acueducto". Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.
10. Batista Silva, J. L., (1985): Utilización y conservación de los recursos hídricos de Cuba.
11. Pérez, D.M. Verificación de un modelo de tercera generación para estimar oleaje en la vertiente atlántica mexicana. Tesis de maestría en Ingeniería. México, D.F.: UNAM, 2005.
12. González Y. 2017 "Contribución de la geofísica a los estudios de ubicación de pozos de recarga artificial de agua subterránea en la subcuenca Jaruco", Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). La Habana, Cuba.

13. Rojas, José A. "Acueducto". Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.
14. González Díaz, Orestes. "Diseño Hidráulico de Plantas Potabilizadoras". C.I.H. Habana. Cuba. 2001.
15. Pérez Hernández, Onell Y otros autores. "Gestión de Operación de los Acueductos de la Ciudad de Santiago de Cuba" V Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Pinar del Rio. Cuba. 2001.
16. 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.
17. NC 93-02 "Norma Cubana del Agua Potable. Requisitos Sanitarios y muestreos" 1985.
18. NC 93-11 "Norma Cubana de Fuentes de Abastecimiento de Agua. Calidad y Protección Sanitaria" 1986.
19. Curso de sectorización 2017, Barreda 2017.
20. Herrera, 2011. Morrison et al., 2007. CVIA, 2010.
21. 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.
22. de Francisco Toledo, Raúl. Proyectista General. Ampliación de Plantas 2016.
23. Informe. Planta Potabilizadora "El Guaso" 2016.
24. Dirección Municipal de Planificación Física.

Bibliografía

Bibliografía

1. Batista Silva, J. L., (1985): Utilización y conservación de los recursos hídricos de Cuba.
2. Bell Despaigne Mirtha. Gestión de operación de los nuevos acueductos de la ciudad de Santiago de Cuba, Circuito Hidrométrico Agüero Bajo, Primera Etapa
3. Bernardo Peña Luis. La revisión Bibliográfica.
4. Campbell E. (2013). "Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable". Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. España.
5. Curso de sectorización 2017, Barreda 2017.
6. de Francisco Toledo, Raúl. Projectista General. Ampliación de Plantas 2016.
7. Díaz Duque José Antonio. Hacia el uso sostenible del agua en Cuba, IX Congreso Cubano de Geología, Taller sobre aguas subterráneas y contaminación.
8. Dirección Municipal de Planificación Física.
9. García J.M. "El Control de la Contaminación de las Aguas; Monitoreo y Estudios Intensivos. Tesis C. Dr. Ciencias Técnicas. La Habana. Cuba. 1988.
10. González Díaz, Orestes. "Diseño Hidráulico de Plantas Potabilizadoras". C.I.H. Habana. Cuba. 2001.
11. González Medina Yaimara. Estudio técnico del Acueducto del poblado de Dos Palma, provincia Santiago de Cuba
12. González Y. 2017 "Contribución de la geofísica a los estudios de ubicación de pozos de recarga artificial de agua subterránea en la subcuenca Jaruco", Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). La Habana, Cuba.
13. Granma, 13 de marzo del 2017.
14. 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.

15. 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.
16. Herrera, 2011. Morrison et al., 2007. CVIA, 2010.
17. <https://agua.org.mx/en-el-planeta>.
18. <https://nive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1200/TesisMaestriaYordan.pdf>
19. https://www.ecured.cu/Trasvase_Este-Oeste.
20. https://www.researchgate.net/publication/319260924_La_revision_bibliografica_base_de_la_investigacion.
21. Hung Pacheco Sailyn. Gestión de Operación de los nuevos Acueductos de la Ciudad de Santiago de Cuba, Circuito Hidrométrico Rajayoga, Primera Etapa
22. Informe. Planta Potabilizadora "El Guaso" 2016.
23. Luztonó López Leonardo Enrique. Gestión de Operación del Acueducto No 1, Quintero, Circuito Hidrométrico Altamira No 1
24. NC 93-02 "Norma Cubana del Agua Potable. Requisitos Sanitarios y muestreos" 1985.
25. NC 93-11 "Norma Cubana de Fuentes de Abastecimiento de Agua. Calidad y Protección Sanitaria" 1986.
26. Pérez Franco, Diosdado. Introducción al Estudio de los Sistemas de Tuberías. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación, 1986.
27. Pérez Hernández, Onell Y otros autores. "Gestión de Operación de los Acueductos de la Ciudad de Santiago de Cuba" V Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Pinar del Rio. Cuba. 2001.
28. Pérez, D.M. Verificación de un modelo de tercera generación para estimar oleaje en la vertiente atlántica mexicana. Tesis de maestría en Ingeniería. México, D.F.: UNAM, 2005.
29. Resolución No 287. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Gaceta Oficial No. 16 Extraordinaria de 9 de junio de 2016.

30. Resolución No. 45/91. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. La Habana, miércoles 20/11/91. Año LXXXIX.
31. 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.
32. Rojas, José A. "Acueducto". Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.
33. Rojas, José A. "Acueducto". Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.
34. Vegas O. (2012). "Herramienta de ayuda a la sectorización de redes de abastecimientos de aguas basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios". Tesis en opción del título de Ingeniero Civil. Universidad de Valencia, Valencia, España.
35. Venceremos, 20 de agosto del 2018.
36. www.La Nación.com, Los acueductos en la historia.
37. Zardoya Loureda Maria Victoria (2013). El Acueducto de Albear, obra maestra de la ingeniería cubana.

Anexos



1. Hotel Los Cedros. Poblado Casa de Piedra.



2. Presa Faustino Pérez. Mpio. Manuel Tames.



3. Escuela del Partido “Casa de Piedra”



4. Viviendas del poblado “Casa de Piedra”