



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



Trabajo de Diploma

Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico

**Título: Sistema de Redes de Abasto de agua potable a la población en
la zona Turey-Playa Sur. Baracoa.**

Autor: Axel Rudy Santana Matos

Tutores: MSc. Profesor. Onell Pérez Hernández.

MSc. Ing. Eudel Michel Rojas

Ing. Loengris Rojas Rodríguez

Santiago de Cuba, junio 2019

Año 61 de la Revolución

Pensamiento

Pensamiento

Tan solo por la educación puede el hombre llegar a ser hombre. El hombre no es más que lo que la educación hace de él.

Immanuel Kant.



Dedicatoria

Axel Rudy Santana Matos

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mi papá por haberme ayudado en todo lo que ha podido y por ser mi ejemplo a seguir, y muy especialmente a mi abu por ser todo a la vez para mí y por haberme entregado su vida y permitir que este aquí hoy.

Axel Rudy Santana Matos

Agradecimientos

Axel Rudy Santana Matos

Agradecimientos

Quiero agradecer a todos los profesores del departamento de ingeniería hidráulica por haberme brindado incondicionalmente un pedazo de su conocimiento, y en especial a mis tutores MSc. Profesor. Onell Pérez Hernández y Msc. Ing. Eudel Michel Rojas. Quiero agradecer a los compañeros de la UEB Acueducto y Alcantarillado de Baracoa. Quiero agradecer muchísimo a mis compañeros, en especial a los de mi cuarto (Pedro, Ariel y Merencio) y otros más cercanos por haber estado ahí en estos cinco años llenos de sacrificio, tristezas y alegrías, gracias por su apoyo. Quiero agradecer a mis amistades por haberme ayudado de una forma u otra. Quiero agradecer a mis familiares, en especial a mi papá por ser la columna vertebral de este logro y a mi gran abuela por ser la maquinaria que permitió que todo esto fuera posible, (**GRACIAS ABU TE DEBO LA VIDA**).

Axel Rudy Santana Matos

Resumen

Resumen

La zona Turey-Playa Sur presenta problemas de deficiencia e ineficiencia en el suministro de agua potable, lo que ocasiona molestias a la población. De aquí la necesidad de conocer las causas que originan estas dificultades. Por derivado la Subdirección Técnica de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados Aguas Baracoa hizo la solicitud de este trabajo. Tiene como objetivos fundamentales, la elaboración de la documentación digital actualizada de las redes y la creación del modelo de simulación del comportamiento hidráulico del sistema y la ejecución de mediciones en la zona Turey-Playa Sur. Para lograr este objetivo se revisó y actualizó la información gráfica en correspondencia con los trabajos de rehabilitación ejecutados en las redes del circuito; se estructuraron las redes en nodos y tramos determinándose sus parámetros de comportamiento hidráulico mediante el uso del software Epanet 2.000.2 y se realizaron mediciones en las redes del sistema para su calibración; se realizó el inventario de usuarios por tipo, se determinaron las demandas reales de explotación. Se obtuvieron como resultados fundamentales: la actualización de la información gráfica; y la demanda máxima horaria de abasto de agua es de 29.28 L/s; que permitieron evaluar la calidad actual del servicio de abasto de agua.

Abstract

Abstract

The Turey-South Beach area has problems of deficiency and inefficiency in the supply of drinking water, which causes discomfort to the population. Hence the need to know the causes that cause these difficulties. By derivative the Technical Subdirectorate of the Aqueduct and Sewer Company Water Baracoa made the request for this work. Its main objectives are the development of updated digital documentation of the networks and the creation of a simulation model of the hydraulic behavior of the system and the execution of measurements in the Turey-South Beach area. To achieve this objective, the graphic information was revised and updated in correspondence with the rehabilitation works executed in the circuit networks; the networks were structured in nodes and sections determining their parameters of hydraulic behavior by using the software Epanet 2.000.2 and measurements were made in the networks of the system for their calibration; the user inventory was made by type, the real exploitation demands were determined. The following were obtained as fundamental results: the updating of the graphic information; and the maximum hourly demand for water supply is 29.28 L / s; that allowed to evaluate the current quality of the water supply service.

Índice

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Estado del Arte.....	7
1.1 Antecedentes Históricos.....	7
1.2 Revisión Bibliográfica	8
1.2.1 Gestión de Información.....	10
1.3 Sistema Tecnológico.....	10
1.3.1 Fuente de Abasto.....	11
1.3.2. Obra de Toma.....	13
1.3.3 Conductora	14
1.3.4 Tanques de Distribución.....	14
1.3.5 Planta Potabilizadora.....	15
1.3.6 Redes	15
1.3.7 Acometida	17
1.4. Calidad del Agua	17
1.4.1 Importancia del tratamiento del agua para el consumo humano	20
1.5 Gestión De Operación.....	20
1.6. Software Empleados	22
1.6.1 Empleo de la Metodología Utilizada.....	24
1.7 Cálculo de la Población	25
1.8 Caudalímetro Ultrasónico	26
1.9 Sectorización.....	27
Capítulo 2. Descripción del sistema tecnológico y Resultados	30
2.1 Descripción del Sistema.....	30
2.1.2 Fuente de Abasto.....	31
2.1.3 Obra de Toma.....	31
2.1.4 Conductora	32
2.1.5 Tanques de Distribución.....	33
2.1.6 Tubería Principal	34
2.1.7 Redes	34
2.1.8 Acometidas.....	34

2.1.9 Planta Potabilizadora.....	35
2.2 Calidad del agua.....	36
2.3 Gestión de Operación de las redes del Sector Turey-Playa Sur.....	37
2.4 Levantamiento de los parámetros físicos de la red y su estado técnico.....	38
2.5 Metodología para el cálculo de usuarios y demandas.....	39
2.6 Mediciones.....	41
2.7 Epacad.....	43
2.8 Resultados de la Simulación del Comportamiento Hidráulico del Sector Turey-Playa Sur.....	44
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	52
Referencia Bibliográfica.....	54
Bibliografía.....	57
Anexos.....	60

Introducción

Introducción

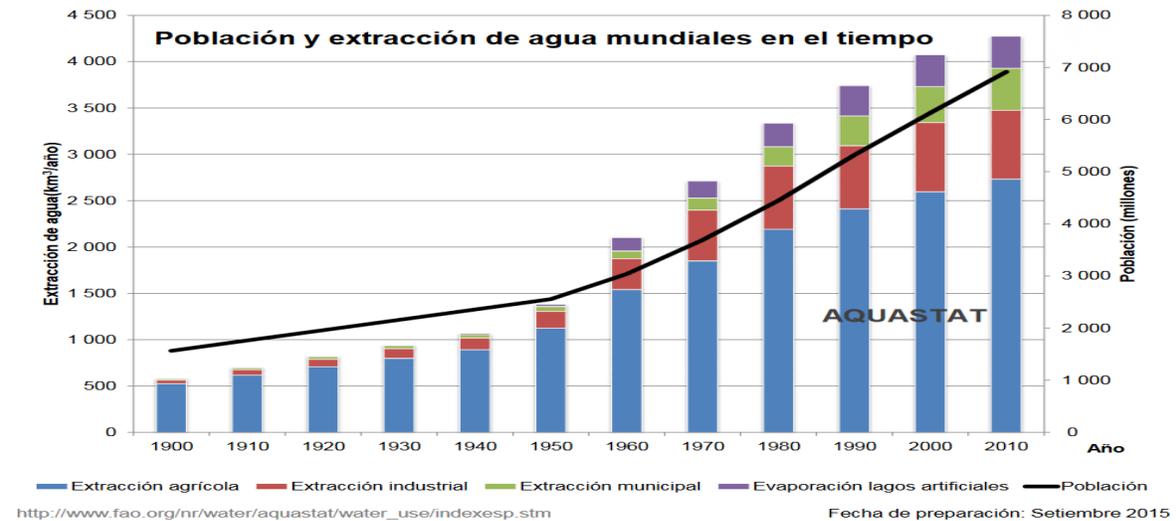
El agua siempre ha sido de gran necesidad para el hombre, tan solo basta con resumir a que sin ella no existiría vida. Desde los tiempos más antiguos el hombre ha perseguido sus beneficios y ha mantenido el deseo incansable de dominarla. Este recurso no solo es vital para el hombre, sino que tiene el poder de impulsar a cualquier sociedad al desarrollo, debido a su potencial industrial, energético y agropecuario.

Grafica 1: Disponibilidad del agua a nivel mundial.



Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego. 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua. Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado, lo que tendrá consecuencias graves, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salina. (www.Agua.org.com)

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



Sin dudas este recurso es limitado, incluso hay un gran déficit mundial de este ya que poblaciones enteras en algunos países no disponen eficientemente de agua potable o tienen que desplazarse a grandes longitudes para poder disfrutar de sus beneficios, aunque no tenga la mejor calidad, un ejemplo claro de esto ocurre en Ciudad del Cabo, ciudad africana, la cual se encuentra en crisis por la precaria escasez del recurso.

Pero no solo es a nivel mundial. La Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010 (EAN) identificó por vez primera a la carencia de agua como uno de los principales problemas ambientales de Cuba, aun cuando el desarrollo hidráulico cubano había elevado las capacidades de embalse a más de 9 600 millones de metros cúbicos desde 1959 (CITMA 2007). La combinación de los factores naturales y antrópicos que inciden en los recursos hídricos de Cuba, así como el agravamiento de sus impactos como consecuencia del cambio climático, ponen de manifiesto que el tema agua es un elemento determinante en el modelo cubano de sostenibilidad. (Díaz Duque 2011)

En Cuba han sido mucha las estrategias tomadas y labores realizadas para proteger, almacenar y garantizar una segura y equitativa distribución del agua. El desarrollo hidráulico cubano ha posibilitado utilizar el 57% de los recursos hídricos aprovechables, mediante la creación de la infraestructura técnica pertinente para incrementar en 200 veces la capacidad de embalse del país y lograr que el 92,4 % de toda la población tuviese acceso al agua potable y el 95,8 % al saneamiento.

Grafica 3: Recursos Hídricos en Cuba



Un ejemplo claro de las labores realizadas en el país para garantizar la disponibilidad de este recurso es la actual ejecución del proyecto del Traslase Este-Oeste. Catalogada como la obra hidráulica más importante del siglo XXI en Cuba, su objetivo es desviar agua desde las cuencas de los ríos que nacen en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa a las llanuras fértiles del norte de Holguín, Las Tunas, nordeste de Camagüey y el centro y norte del Valle del Cauto. (www.EcuRed.com)

En Baracoa el clima tropical es lluvioso, asociado a las condiciones físico-geográficas, modificado por los vientos alisios del NE y E-NE. La lluvia media anual es de alrededor de 1527 mm. La humedad relativa es de 82 %. La red fluvial la conforman los ríos Duaba, Macaguanigua, Toa y Miel, de caudales permanentes, así como otros corrientes permanentes de menor importancia y pequeñas cañadas que solo corren en épocas de lluvia. (Franquet 2009)

Pero, aunque la ciudad este favorecida por las lluvias y tenga un alto potencial hídrico, estos recursos no son explotados correctamente, ya que Baracoa presenta déficit en el abasto de agua. Es evidente que Baracoa tiene todas las condiciones para poseer un alto desarrollo hidráulico; solo es necesario un deseo incansable y varios soñadores inexorables que logren, que un abasto de agua con máxima calidad sea un logro de todos y para todos.

En la zona Turey-Playa Sur predomina un relieve variado, existen llanuras y algunas elevaciones. El clima es cálido y hay precipitaciones abundantes en gran parte del año. Su hidrografía está compuesta por aguas saladas provenientes de la bahía de Baracoa y aguas dulces que afluyen de manantiales y del río Macaguanigua. (www.EcuRed.com)

Aquí se encuentran carencias generales del acueducto ya que el abastecimiento no se puede realizar los siete días de la semana, y además se encuentran insatisfacciones en la población con el suministro de agua potable. El servicio a la población se realiza por ciclos. Cinco días a la semana se les distribuye agua a las zonas bajas y los otros dos a las zonas altas, ya que si se les distribuye a todos al mismo tiempo aparecen los problemas existentes; en algunos puntos no llega el agua por problemas de demanda y esto ocasiona grandes molestias a la población. Los problemas de demanda fueron evaluados mediante encuestas a usuarios que se presentaron en la UEB con quejas, ya que el agua no llegaba a sus viviendas. También se desconoce la demanda total real y equivalente de la zona y de la ciudad en general, por lo que no se conoce la dotación real necesaria que se debe suministrar, ya que la UEB suministra una dotación de manera empírica para garantizar de cierta manera el suministro de agua.

El Acueducto de Baracoa sufrió una nueva y moderna rehabilitación cuyas obras se iniciaron en el 2009, y al día de hoy ya están terminadas con la construcción de la planta potabilizadora. El Acueducto fue diseñado para abastecer a la mayor parte de la población de Baracoa y brindar un adecuado servicio, que se encontraba en pésimas condiciones. Pero por motivos no bien definidos el servicio no es el más idóneo; una de las causas puede ser que en la ejecución se ubicaron las tuberías, accesorios y otros elementos de manera disímil a la documentación digital.

En Baracoa se encuentran tres acueductos. El acueducto Miel, el acueducto Macaguanigua y el acueducto por gravedad Duaba, el cual fue rehabilitado recientemente. La zona Turey-Playa Sur en sus inicios se beneficiaba de los servicios del acueducto Macaguanigua. Después de la rehabilitación se abastece principalmente del acueducto por gravedad Duaba.

Diseño de la Investigación

Problema Científico:

El deficiente e insuficiente servicio de abastecimiento de agua a la población, y la ausencia de documentación digital tales como: planos actualizados y simulaciones hidráulicas de la zona Turey-Playa Sur.

Objeto de investigación:

Abordar contenidos sobre los sistemas de redes de suministro de agua potable y su correcta gestión para proponer soluciones en la zona Turey-Playa Sur.

Campo de Acción:

Sistema de conducciones forzadas a zonas urbanas, utilización de software de creación de planos digitales y de simulación del comportamiento hidráulico y la realización de mediciones para la calibración del sistema.

Objetivo General:

Recomendar acciones apoyándose en la creación de planos digitales y simulaciones hidráulicas para mejorar el deficiente e insuficiente suministro de agua a la población de la ciudad de Baracoa en la zona Turey-Playa Sur.

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 la situación actual del acueducto, realizar una simulación hidráulica del sistema en explotación apoyado en levantamiento físico y las mediciones, así como brindar recomendaciones para la solución de las dificultades existentes en el abasto de agua a los usuarios en la zona Turey-Playa Sur

Hipótesis:

Si se contara con una documentación digital actualizada y una simulación hidráulica del sistema en explotación se pudiese brindar recomendaciones para la solución de los problemas existentes que afectan el suministro de agua.

Tareas a Desarrollar:

- 1- Elaboración del diseño de investigación.
- 2- Revisión Bibliográfica referido al tema de estudio.
- 3- Levantamiento de los tipos de usuarios por objetos de obra, a través de la ruta o recorrido de la zona objeto de estudio.
- 4- Actualización detallada del plano general del sector hidrométrico y de las tuberías y válvulas del mismo
- 5- Elaboración del modelo matemático para la simulación del comportamiento hidráulico del sistema.
- 6- Realización de mediciones para la calibración del sistema.
- 7- Presentación de los resultados.

Capítulo 1

Capítulo 1. Estado del Arte

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)

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 Aqua Marcia. (Obtenido del portal web La Nación, Los acueductos en la historia)

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)

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'Donnell, en octubre del año siguiente. La primera piedra del nuevo acueducto se colocó el 26 de junio de 1861. (Zardoya 2013)

El nuevo acueducto se inauguró el 23 de enero de 1893, con el nombre de Acueducto de Albear, en honor a su creador, a quien se le erigió un merecido monumento dos años más tarde. Aunque el acueducto no funcionó en su totalidad hasta la fecha en que se inauguró, seis años después del fallecimiento de Albear, desde 1872 la ciudad había comenzado a recibir agua proveniente de Vento, pues se conectó el canal terminado hasta esa fecha con la vieja red del Acueducto de Fernando VII. La obra duró treinta años, pero en realidad parte de ese tiempo estuvo detenida como consecuencia del inicio de las guerras de independencia y además por razones económicas. (Zardoya 2013)

Antecedentes Históricos del Acueducto de la Ciudad de Baracoa

Entró en funcionamiento en 1864, utilizando los pozos del río Macaguanigua, y durante más de doscientos años ha servido el agua a la ciudad. Su puesta en funcionamiento se debió al empeño principal del ingeniero catalán Carísimo Espalter Rull, quien un año antes había solicitado los permisos correspondientes al ayuntamiento. Según los datos de la época la ciudad contaba con solo 4 000 habitantes.

Este sería un servicio de significativa repercusión social, pues en aquellos tiempos el agua potable se extraía de los ríos Miel y Macaguanigua mediante el uso de carretas que portaban grandes pipas donde acumulaban el agua, la que era vendida por latas y garrafones a las familias necesitadas y con posibilidades de adquirirlas. En los años 30 el acaudalado Eugenio Abalo González se convierte en propietario del acueducto, el cual para entonces carecía de capacidad para brindar el mejor servicio de abastecimiento de agua. Desde aquellos años las redes de abastecimiento vinieron en declive y su progresivo deterioro hizo totalmente insuficiente a aquel viejo acueducto.

1.2 Revisión Bibliográfica

Una de las tareas más imperiosas que se realiza como estudiante universitario consiste en escribir sobre lo que leen. Se basa en elaborar un escrito en el cual demostrar su comprensión sobre uno o varios textos y realizar un comentario crítico sobre lo leído. La elaboración de una revisión bibliográfica pone a prueba la capacidad de juicio y las competencias de lectura y escritura de los estudiantes. Esta tarea supone hacer una investigación documental, condensar un volumen considerable de información procedente de fuentes diversas y en ocasiones

divergentes establecer relaciones intertextuales, comparar las diferentes posturas frente a un problema y, finalmente, escribir un texto coherente que sintetice los resultados y las conclusiones. (Bernardo 2010)

Una revisión bibliográfica es un texto escrito que tiene como propósito presentar una síntesis de las lecturas realizadas durante la fase de investigación documental. La elaboración de una típica revisión bibliográfica pasa por tres grandes fases: la investigación documental, la lectura y registro de la información, y la elaboración de un texto escrito. (Bernardo 2010)

El conocimiento científico es acumulativo, y cada investigación se fundamenta en el conocimiento alcanzado con anterioridad por otros investigadores. La revisión bibliográfica debe tener en cuenta todo el conocimiento científico anterior sobre el tema de interés. Para realizar una correcta revisión bibliográfica, es necesario primero definir correctamente y de manera concreta el tema. Posteriormente hay que realizar una búsqueda exhaustiva y recopilación de todas las fuentes de información pertinentes, seguido de la selección y lectura crítica de todos los documentos recuperados. La revisión debe ser sistemática, sintética, completa, crítica, con estructura lógica y consistente, actualizada e imparcial. Una revisión bibliográfica es, en sí misma, un artículo de revisión, que puede ser publicado como tal en revistas científicas. (Obtenido del portal Web La revisión bibliográfica, base de la investigación)

A partir de una correcta revisión bibliográfica se puede disponer de una base sólida donde fundamentar la futura investigación, teniendo en cuenta el estado actual del conocimiento y tomando conciencia de todas las diferentes teorías y sus bases científicas.

Se suele llamar investigación documental al proceso de búsqueda y selección de fuentes de información sobre el problema o la pregunta de investigación. Es necesario que la información sea verídica, de fuentes confiables y con carácter actual, aunque sin despreciar documentaciones antiguas que permitan enriquecer el escrito. (Bernardo 2010)

La revisión bibliográfica culmina con la elaboración de un texto escrito, en el que se presenta una síntesis del recorrido que hizo el estudiante por los textos, seguido de unas conclusiones o una discusión. (Bernardo 2010)

1.2.1 Gestión de Información

Es el proceso por el cual se realizan un conjunto de actividades que permiten la obtención de información, lo más pertinente y relevante posible, para ser usada en el desarrollo y el éxito de una organización. Es ir en busca de nuevos significados; aplicar el principio de que el todo, es más que la suma de las partes. Es la denominación convencional de un conjunto de procesos por los cuales se controla el ciclo de vida de la información desde su obtención hasta su disposición final.

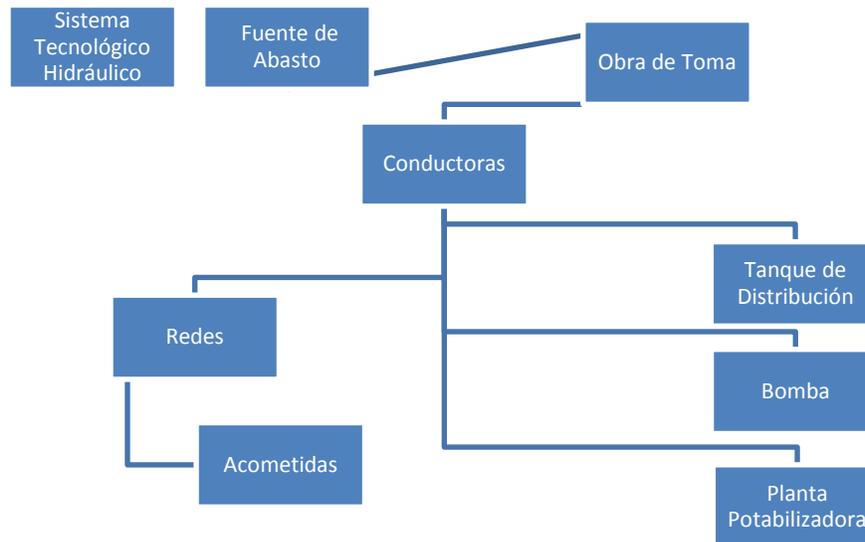
El objetivo de la gestión de la información es garantizar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información. Por lo cual es fundamental establecer la gestión de información como la primer y fundamental actividad a desarrollar para enfrentar el estudio de un sistema de acueducto bajo estos principios, dada la base de datos requerida para lograr dar respuesta a la situación problemática planteada.

1.3 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. 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.

Grafica 4: Elementos que componen un sistema tecnológico hidráulico



1.3.1 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).

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) 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.

En el medio rural existe un número importante de centros que se abastecen de agua de pozos; el tratamiento de desinfección con cloro no puede realizarse en el 100% de esos casos, por

falta del equipo hipoclorador o desabastecimiento temporal del producto en caso de existir el equipo, este conflicto se alivia mediante la cloración manual del agua de consumo en la mayor parte de las instituciones.

En nuestro país desde hace más de 30 años y especialmente desde la década pasada, se han implementado un grupo de planes y programas para incrementar la cobertura del servicio de agua en las comunidades rurales. Con el objetivo de lograr esta meta, se ha llevado a cabo la construcción de acueductos rurales, y se realizan grandes esfuerzos para la conservación de los ya existentes.

Cuba posee 2 mil 730 acueductos y 19 mil 176 kilómetros de redes, 2 mil 359 estaciones de bombeo, 57 plantas potabilizadoras, 5 plantas desalinizadoras y 1 mil 567 estaciones de cloración. (González 2017)

En una gran cantidad de comunidades rurales de las provincias orientales se han instalado sistemas de abasto de agua por gravedad para consumo doméstico y regadío agrícola aprovechando desniveles del terreno y fuentes naturales.

1.3.2. 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)

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.

Un dispositivo de captación puede consistir de un simple tubo, un tanque, un canal, una galería filtrante, etc., y representa parte vital de la obra de toma que asegura, bajo cualquier condición de régimen, la captación de las aguas en la calidad prevista.

El mérito principal de los dispositivos de captación radica en su buen funcionamiento hidráulico.

1.3.3 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)

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)

El trazado de la conductora se elige teniendo en cuenta la topografía del terreno tratando que la construcción sea lo más económica posible evitando terrenos rocosos, pantanosos, basureros cementerios, etc. La rasante de la tubería debe ser lo más paralela posible, no menor de un 2%, teniendo en cuenta que es en los puntos más altos de la misma hay que instalar ventosas. (Pérez Franco 1986)

1.3.4 Tanques de Distribución

Según (Rojas 1977) los depósitos llamados de distribución son empleados para ajustar una cantidad variable de demanda a una cantidad constante de suministro con el uso de tales depósitos es posible reducir el tamaño de las bombas necesarias para el suministro a la población servida por tal depósito y también reducir el diámetro que demandaría la conductora.

Estos depósitos pueden clasificarse respecto a su posición, en superficies (apoyados en el terreno), semisoterrados (parte aprovechando una depresión del terreno o en una excavación) y elevados (generalmente apoyados sobre una estructura compuesta por varias columnas, con arriostramiento y un cerramiento de vigas superiores donde se apoya el tanque en sí).

Al respecto (Rodríguez y García 2001) plantean que según su posición con respecto a la fuente y al usuario y según la manera de conectarse a la red pueden ser de cola o intermedios. Un esquema de abasto con tanque intermedio posee características hidráulicas particulares.

1.3.5 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.

1.3.6 Redes

Se denomina red de distribución al conjunto de elementos encargados del transporte del agua desde los puntos de producción y/o almacenamiento hasta los puntos de consumo: viviendas, comercios, industrias, hidrantes de riego e incendios, etc.

La red está construida básicamente por tuberías y elementos especiales: válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión, elementos de medición, etc. que deben ser dimensionados adecuadamente para suministrar los caudales demandados, para lo cual será necesario mantener en la red presiones mínimas. El resto de componentes del sistema de distribución (depósitos, estaciones de bombeo, forma de regulación, etc.) condicionaran su diseño y cálculo, por lo que en general no se puede tratar la red como un elemento aislado.

Tipos de redes según al uso que vayan destinadas:

- ✓ Redes generales de suministro de agua en zonas urbanas: en estos casos es la misma red la encargada del suministro doméstico, industrial, riego, extinción de incendios etc.
- ✓ Redes de servicios en polígonos industriales.
- ✓ Redes exclusivas de riego
- ✓ Redes exclusivas para la extinción de incendios.

Tipos de redes atendiendo a la topología del sistema.

En función de cómo están conectadas las tuberías entre si podemos distinguir tres tipos de redes:

- ✓ Ramificadas
- ✓ Malladas
- ✓ Mixtas

Desde el punto de vista topológico una red ramificada es aquella en la que para una situación definida de consumo en los nudos, pueden calcularse los caudales circulantes por las tuberías sin más que aplicar la ecuación de continuidad; es decir, el caudal circulante por una determinada tubería será igual a la suma de los consumos en los nudos situados aguas debajo de la misma. Una red ramificada pura solo puede tener un punto de alimentación ya que en caso contrario pasaría a ser mallada pues solo con la ecuación de continuidad no sería posible determinar la proporción de caudal que debería entrar desde cada uno de los puntos de alimentación.

En las redes malladas los caudales circulantes por las conducciones quedan definidos aplicando las ecuaciones de continuidad, sino que es necesario utilizar las ecuaciones de equilibrio de malla.

En las redes mixtas se podrán calcular de forma inmediata los caudales circulantes en las arterias ramificadas, pero no en las mallas.

1.3.7 Acometida

La acometida de agua es la parte de la instalación que enlaza la red general que está instalada en la calle con la instalación interna general del inmueble. La acometida está formada por una tubería principal y tres válvulas o llaves de servicio.

- La llave de toma: conexión entre la tubería de red general de agua con el ramal individual.
- La llave de registro: válvula que regula el paso del agua sin necesidad de pasar al inmueble.
- La llave de paso general: válvula que permite cortar el suministro de toda la instalación.

1.4. Calidad del Agua

En general los suministros de agua potable provienen de precipitaciones que caen frecuentemente sobre un área de captación; esta área de captación estará formada por diferentes rocas y tipos de suelos y cada una tendría diferentes tipos de curso en la tierra, lo que afectará la calidad de agua. El agua ya filtrada desde cada área de captación puede ser diferente en términos de composición química, según los afluentes se incorporan al río principal, mezclan sus aguas con otros de otras subareas de captación aguas arriba, alterando la composición química del agua. (González, 2001)

Según (Reynoso y colaboradores, 1992), el manejo y control de la calidad de las aguas es uno de los problemas asociados a la contaminación ambiental, que requiere de la utilización de métodos y técnicas de avanzadas, que sean capaces de dar una respuesta rápida y eficaz sobre el estado de estos recursos, su posible uso, su evolución al cabo de un tiempo y que permitan tomar medidas para preservar y evitar su deterioro.

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 (García, 1988).

La potabilización del agua comprende una serie de pasos cuya finalidad es transformar la materia prima inicial (agua cruda) en un producto final (agua potable) que se corresponda con los requisitos impuestos por la norma de agua potable. 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 93-11,1986), muestreándose con una periodicidad establecida de forma generalizada. (NC 93-02,1985).

La NC 93-02/1985 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.

Términos y definiciones:

- Agua potable: Aguas que, por cumplir con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos, puede ser utilizada para la bebida y en la elaboración de alimentos.
- Aguas especiales: Agua potable con características químicas específicas que distribuyen en envases adecuados.

Características del agua potable según NC 93-02/1985:

Tabla1: Características Físicas.

Características	Concentración máxima deseable (CMD)	Concentración máxima admisible (CMA)
Turbiedad (escala sílice)	5 U	10 U
Color (escala platino cobalto)	5 U	15 U
Olor y sabor	Agradable	No desagradable

Tabla 2: Características Químicas.

Componente	Concentración máxima	Concentración máxima

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

	deseable (CMD) (mg/L)	admisible(CMA) (mg/L)
Sólidos totales disueltos	500	1 000
Sulfoalquilbenceno	0.20	0.5
Aceite mineral	0.01	0.3
Extracto de carbón con cloroformo	0.01	0.15
Compuestos fenólicos (referidos al fenol)	0.001	0.002
Dureza total (como carbonato de calcio)	100	400
Calcio	75	200
Cloruro	200	250
Cobre	0.05	1.0
Hierro total	0.1	0.3(*)
Magnesio	30 (si existen 250 mg/L o más de sulfato)	150 (*) (Si existen menos que 250 mg/L de sulfato)
Manganeso	0.05	0.1
Sulfato	200	400
Cinc	5	15
Sodio	50	200
Plata	0.05	0.05
Aluminio	0.05	0.2
Níquel	0.01	0.02

Alcalinidad	-(**)	-(**)
<p>(*) Cuando se utilicen aguas subterráneas sin tratamiento para la eliminación de hierro, se permitirá que ente el sistema de abastecimiento hasta 1 mg/L</p> <p>(**) Se valorará junto con el PH y la dureza total.</p> <p>Nota: El PH será: deseable de 7 a 8 y máximo admisible de 6.5 a 8.5.</p>		

1.4.1 Importancia del tratamiento del agua para el consumo humano

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

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. Es importante también destacar que el manejo de la calidad del agua debe ser adecuadamente complementado con un adecuado nivel de saneamiento ambiental general, sobre todo en el ambiente urbano. Si se considera que el hombre es el componente principal del ambiente y que preservar su salud es la prioridad ambiental principal, se entenderá mejor la razón por la cual es necesario un enfoque integral para el saneamiento ambiental. La salud es definida como el equilibrio entre el hombre y su medio. Cuando existe equilibrio entre los efectos del medio sobre el hombre y la capacidad de este para defenderse, se vive con salud. (Pérez 2011)

1.5 Gestión De Operación

Al respecto (Rossié y colaboradores, 2001) refiriéndose a la Gestión Técnica en los Sistemas de Distribución de agua, plantean, la gestión técnica aplicada a los sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de residuales líquidos está dada por la acción y efecto de administrar un conjunto de procedimientos para mejorar la calidad del servicio, procurando mayor eficiencia

con menores costos. Su función no se puede limitar solamente a la satisfacción de una demanda dada, sino que la práctica moderna busca que en el logro de este objetivo se tenga en cuenta la actualización y modernización de toda actividad relacionada con este servicio. Al organizar la explotación de un abastecimiento, es una responsabilidad el mejorar la calidad del servicio, garantizar el abastecimiento de la explotación, aumentar la seguridad asociada al servicio, optimizar las inversiones, mejorar el aprovechamiento de todos los recursos involucrados, mejorar las condiciones de trabajo y productividad del personal. Toda organización dedicada a la prestación del servicio urbano de agua deberá desarrollar y utilizar unas normas de calidad de servicio para satisfacer los requisitos mínimos de la calidad de dicho servicio:

- Garantía de presión y caudal en acometida o puntos de suministro.
- Continuidad del servicio.
- Servicio permanente de averías.
- Calidad adecuada del agua suministrada.

Si bien es verdad que hay una definición muy completa y exacta a cerca de la gestión técnica dada por los autores, en la misma no se refleja el concepto de operación.

Por lo que al respecto (Rossié y colaboradores, 2001) plantean, la operación es un conjunto de actividades externas dirigidas, que tienen el propósito principal de conservar el buen funcionamiento de los mecanismos de todo un sistema con el objetivo de mantener el servicio para el que fue proyectado.

Para poder transformar la operación del acueducto, en la zona en que se trate; lo primero que hay que hacer es conocerlo, solo teniendo información de cómo es la realidad en cuanto al sistema investigado, sólo así será posible tomar decisiones en el sentido de mejorar el servicio, de optimizarlo, y para ello se requiere de una mayor eficiencia del sistema, que garantice la calidad del agua, seguridad de explotación, presiones, así como flexibilidad ante accidentes naturales y antrópicos.(Pérez y colaboradores,2001)

Dentro de las acciones para la obtención de información se conoce como Macromedición al conjunto de actividades permanentes destinadas a obtener, procesar, analizar, y divulgar datos operacionales relativos a caudales, velocidades, presiones y niveles de agua en el sistema de abastecimiento. (Rossié y colaboradores, 2001), la Macromedición es un medio indispensable

en la operación del sistema de suministro de agua para poder determinar entre otros, los siguientes indicadores:

- ✓ Obtener la dotación real en los distintos sectores del sistema en su conjunto
- ✓ Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de distribución y comparar la disponibilidad con los consumos de agua.
- ✓ Obtener las presiones y niveles de agua en puntos significativos del sistema
- ✓ Evaluar las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento del sistema.

1.6. Software Empleados

El software profesional EPANET 2.000.1 es un programa de ordenador que permite realizar simulaciones en períodos prolongados de tiempo, del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de tuberías de suministro del agua a presión.

EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua a lo largo de todo el período de simulación, discretizado en múltiples intervalos de tiempo.

Este software ha sido desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos; él mismo contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes ventajas:

- • Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nodos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- • No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse
- • Contempla pérdidas menores en accesorios y singularidades.
- • Puede calcular el consumo energético y sus costos.

EPANET 2.000.1 ha sido desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos (*Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory*) Cincinnati, Ohio.

Traducido al español por Fernando Martínez Almazamora y Hugo J. Bartolín Ayala del Grupo IDMH del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España, y financiado por el Grupo Aguas de Valencia. El software EPANET 2.000.1 cuenta con la licencia correspondiente para su utilización dada por los organismos mencionados anteriormente, y su comercialización es gratuita en INTERNET.

El mismo proporciona un entorno integrado bajo Windows para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, así como la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de izolíneas. El modelo de simulación hidráulica de EPANET calcula las alturas piezométricas en los nudos y los caudales en las líneas, dados los niveles iniciales en los embalses y depósitos, y la sucesión en el tiempo de las demandas aplicadas en los nudos.

De un instante al siguiente se actualizan los niveles en los depósitos conforme a los caudales calculados que entran o salen de los mismos, y las demandas en los nudos conforme a sus curvas de modulación. Para obtener las alturas y caudales en un determinado instante se resuelven simultáneamente las ecuaciones de conservación del caudal en los nudos y las ecuaciones de pérdidas en todos los tramos de la red. Este proceso, conocido como “equilibrado hidráulico”, requiere el uso de métodos iterativos para resolver las ecuaciones de tipo no lineal involucradas. EPANET emplea a tal fin el “Algoritmo del Gradiente” y el mismo ofrece las siguientes ventajas:

- No impone límites en cuanto al tamaño de la red a procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen- Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en accesorios y singularidades.
- Puede calcular el consumo energético y sus costos.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como de corte; de retención, reguladoras de presión o de caudal, etc.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nodos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.

- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (por ejemplo, aspersores, hidrantes de redes contra incendios).

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba ha oficializado su utilización en todas sus empresas de investigación y proyectos hidráulicos y demás dependencias del sector responsabilizadas con la explotación de sistemas de abasto de agua a presión. Está siendo utilizado además con fines de desarrollo tecnológico por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y el Centro de Investigaciones Hidráulicas del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría” (CUJAE), y el Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente.

1.6.1 Empleo de la Metodología Utilizada

Procedimiento para crear y sincronizar el mapa de fondo en EPANET

1. Sobre el mapa se dibujó una línea horizontal y otra vertical coincidente con el límite inferior y el límite derecho respectivamente del área objeto de estudio.
2. Se determinó los valores de las longitudes de dichas líneas en correspondencia con la escala del plano o mapa.
3. Luego se guardó el fichero como metafile (*.wmf).
4. Se actualizó el software Epanet en cuanto a:
Valores por Defecto ----- Propiedades ----- Longitud Automática SI
5. En la opción ver se cargó el mapa de fondo.
6. Se colocó dos tuberías coincidentes con las líneas trazadas en el punto 1. Necesario garantizar la coincidencia de los nodos iniciales y finales de las tuberías con los puntos de inicio y terminación de las líneas.
7. Se determinó los valores de las longitudes de las tuberías.
8. Se plantearon las Relaciones siguientes valorando las coordenadas del punto superior derecho establecidas por defecto en Ver ---- Dimensiones ---- Vértice Superior Derecho, y Unidades del Esquema (m).

$$\frac{\text{Longitud de la tubería horizontal}}{\text{Longitud de la línea horizontal}} = \frac{\text{Coordenada X del vértice superior derecho}}{\text{Coordenada X a encontrar}}$$

$$\frac{\text{Longitud de la tubería vertical}}{\text{Longitud de la línea vertical}} = \frac{\text{Coordenada Y del vértice superior derecho}}{\text{Coordenada Y a encontrar}}$$

9. Si en Ver ---- Dimensiones ---- Vértice Inferior Izquierdo las coordenadas “X” y “Y” son diferentes de cero, sumar el valor de las coordenadas de este vértice a los valores de coordenadas encontrados para el Vértice Superior Derecho.

10. Después de colocar en Ver ---- Dimensiones ---- Vértice Superior Derecho los valores calculados de sus coordenadas, el plano y el esquema en EPANET están a la misma escala, y los nodos asumirán las coordenadas reales del plano o mapa, y las tuberías las longitudes reales.

1.7 Cálculo de la Población

Los proyectos para abastecimiento de agua potable para las poblaciones, se elaboran con vista a que satisfagan las necesidades de la población al final del período de explotación (30 años generalmente). (Rojas, 1977)

Sin embargo, (Rossié y colaboradores, 2001) recomiendan períodos de diseño de 20 años, pero esto dependerá de si la solución adoptada es la definitiva, o se hará por etapas, lo cual es recomendable según la tecnología utilizada.

Uno de los métodos para estimar las poblaciones futuras es el método de pronóstico; basado en estimados específicos, que en Cuba le corresponde realizarlo al Instituto de Planificación Física (IPF). (Rojas, 1977).

Al respecto (Rossié y colaboradores, 2001) dicen, se utilizará la tasa de crecimiento rural, municipal, etc., que proporcione la entidad que lleve las estadísticas y censos de la población. De no tenerse este dato, se utilizará el criterio de los métodos habituales de determinación de la población futura (aritmético, geométrico, etc.). Por ejemplo, el de la progresión geométrica se basa o fundamenta en el hecho de suponer un porcentaje de crecimiento constante, para iguales períodos de tiempo y se expresa por la fórmula:

$$P_f = P_a (1 + r)^n \text{ donde:}$$

P_f – Población futura en habitantes

P_a – Población actual en habitantes

n -- número de años que se contempla en el diseño

r – porcentaje de crecimiento anual.

En Cuba, el porcentaje de crecimiento anual está comprendido, por lo general, entre 2 y 2.5%. (Rojas, 1977).

Según (Rossié y colaboradores, 2001), para el cálculo de la población deben tenerse en cuenta tanto la población real, como la población equivalente, es decir cuánto representa en caudal Q de una industria en población, por lo que la población total será igual a población real más población equivalente, que en términos de caudales puede expresarse como:

$$Q_{total} = Q_{real} + Q_{equi}$$

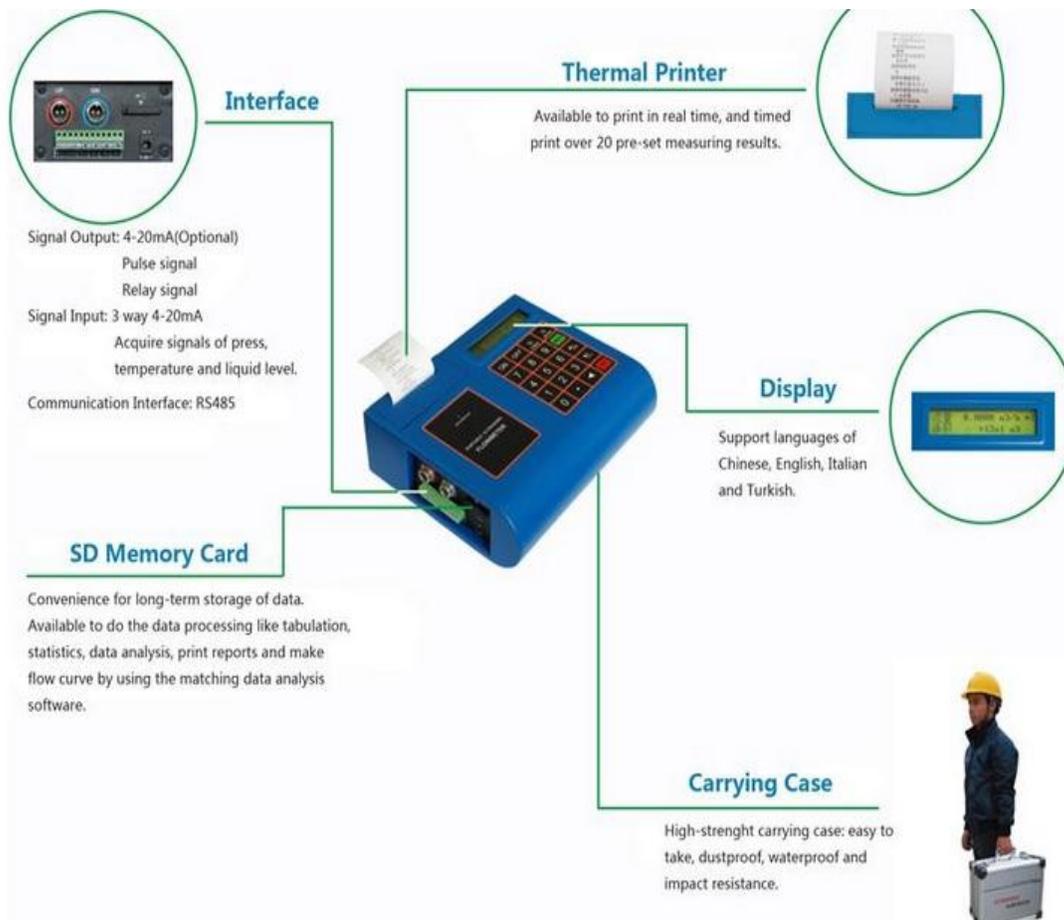
1.8 Caudalimetro Ultrasonico

El caudalimetro ultrasónico portátil (*portátil ultrasonic flowmeter*) en inglés. Es un Flujómetro ultrasónico digital Medidor de flujo de líquido portátil Impresora TUF-2000P DN50-700mm Transductor TM-1.

Su principio es: Flujómetro ultrasónico de tiempo de tránsito.

Nos permite conocer el caudal y la velocidad directos en el punto donde hagamos la medición.

Foto 1: Componentes del Caudalimetro Ultrasonico



1.9 Sectorización

Dentro del subsector de agua potable (CONAGUA 2006), el término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados. Aún más, puede conducirse el agua por la red primaria, sin exceso de conexiones con la secundaria, desde la fuente de alimentación hasta los puntos más lejanos.

Distrito hidrométrico es un sector hidrométrico o bien un sector, que en otras palabras es una sección de la red de distribución de agua potable, perfectamente delimitada por medio de válvulas de seccionamiento, adecuadamente instrumentada para aforar el caudal de entrada, para medir y controlar la presión de operación, a fin de brindar la misma calidad de servicio de suministro a la totalidad de los usuarios de la red.

Debe contarse con la información completa del sistema de distribución, y la forma de operación real, a fin de estar en posibilidades de utilizar un software o modelo numérico que permita simular el funcionamiento hidráulico del sistema, lo que deberá verificarse a través de algunas mediciones estratégicas, y realizar así la calibración del modelo.

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.
- Todo esto permite asegurar un servicio eficiente con el consiguiente ahorro de los recursos hídricos

Ventajas de la sectorización:

- 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.
- Establecer procedimientos operacionales para lograr la calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de abasto en condiciones normales de explotación
- 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.
- 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
- Aplicar eficaz y racionalmente el programa de reducción de pérdidas de agua

La zona Turey-Playa Sur no se encuentra sectorizada. La sectorización de la zona sería una gran solución para un mayor control del suministro de agua en las redes del sector, además con las ventajas que tiene la sectorización, ya dichas anteriormente, se identificarían con mayor posibilidad los problemas existentes, se controlarían las fugas y se daría un servicio mucho más adecuado.

Capítulo 2

Capítulo 2. Descripción del sistema tecnológico y Resultados

2.1 Descripción del Sistema

Como ya se dijo anteriormente en Baracoa el clima tropical es lluvioso, asociado a las condiciones físico-geográficas, modificado por los vientos alisios del NE y E-NE, alcanzando velocidades máximas de hasta 20 km/h. La lluvia media anual es de alrededor de 1527 mm. La humedad relativa es de 82 %; y la temperatura media anual del aire es de 25⁰ – 26⁰. La cuenca presenta una forma rectangular irregular con su ancho máximo de 22 Km y un largo de unos 40 Km. El relieve de la cuenca hasta el cierre propuesto es muy montañoso, y por lo tanto muy accidentado, donde predominan las pendientes abruptas y elevadas alturas del terreno. (Franquet 2009)

La red fluvial la conforman los ríos Duaba, Macaguanigua, Toa y Miel, de caudales permanentes, así como otras corrientes permanentes de menor importancia y pequeñas cañadas que solo corren en épocas de lluvia. La cuenca del primero se encuentra ubicada en la vertiente norte del parte agua central en la provincia de Guantánamo, su esorrentía de desplaza dentro del macizo montañoso principal Sierra Sagua – Moa – Baracoa, corriendo sus aguas de suroeste a noreste, desembocando en el Océano Atlántico. Dicha cuenca limita al norte con la cuenca del río Toa, el que desemboca en el océano atlántico, al igual que el Duaba, al oeste tenemos la cuenca del río Quibijan, afluente del río Toa por la margen derecha, al sur se encuentran las cuencas de los ríos Yacabo Abajo, Ramón y el Medio, y por el este tenemos las cuencas de los ríos Jojo y las Minas. (Franquet 2009)

La red de drenaje está bien desarrollada, constituida por ríos, arroyos, cañadas y vaguadas, que fluyen hacia el río principal con causas bien estructurados y definidos, sin posibilidades de que ocurran desbordamientos de sus márgenes, en algunos casos son profundos y sinuosos, con significativas pendientes que hacen que la esorrentía se deslice con facilidad y fluidez, si a esto le agregamos que las pendientes de las laderas son también bastante grandes, tendremos las condiciones convenientes para la formación del escurrimiento, durante y después de ocurrida la lluvia. (Franquet 2009)

En la zona Turey-Playa Sur predomina un relieve variado, existen llanuras y algunas elevaciones. El clima es cálido y hay precipitaciones abundantes en gran parte del año. Su

hidrografía está compuesta por aguas saladas provenientes de la bahía de Baracoa y aguas dulces que afluyen de manantiales y del río Macaguanigua. (www.EcuRed.com)

2.1.2 Fuente de Abasto

La fuente de abasto será el río Duaba ubicado en el municipio de Baracoa, que, por sus características de ser un río caudaloso, garantiza sin problemas el consumo máximo diario que demanda la Ciudad de Baracoa según el proyecto (200 L/s). Esta permite que el acueducto por gravedad Duaba pueda abastecer al 37% de la población total, la cual es de 81968 habitantes.

Foto 2: Río Duaba



2.1.3 Obra de Toma

El diseño de la obra de toma consiste, en una captación lateral ubicada en la margen derecha del río Duaba y un muro de cierre del cauce.

La captación del agua se hará mediante una conducción conformada por una línea de cajones de hormigón de 1 x 1 m de sección transversal interior, la que captará el gasto hasta el desarenador donde se decantarán los materiales sólidos en suspensión que lograron 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. Adyacente a la cámara de derivación se previó un registro para la colocación de una válvula de cierre.

La obra de captación como se mencionó anteriormente, consiste en una bocatoma lateral ubicada en la margen derecha del río Duaba en las coordenadas N: 186.685 E: 736.125 y con una altura de 75m. La misma está compuesta por los siguientes objetos de obras:

- Muro de cierre.
- Conducto de entrada.
- Desarenador y cámara de derivación.
- Registro para válvula de cierre.
- Conducto de limpieza.

Foto 3: Obra de Toma en el río Duaba



2.1.4 Conductora

De la obra de toma está conectado el conducto principal de abastecimiento dividido en 2 tramos, uno de 630 mm de diámetro conduciendo un gasto de 200 L/s y tendrá una longitud de aproximadamente 5 km (4901m). y otro de 560 mm de diámetro y 4631 m de longitud, ambos tramos con conductos de PEAD. Los cuales se encargan de abastecer el tanque de 4000 m³.

Foto 4: Conductora de 630 mm



2.1.5 Tanques de Distribución

Se encuentra 1 tanque de 4000 m³, el cual se encuentra a una altura de 53 m y cuyas dimensiones son, ancho 24.36m, largo 42.15m, y altura 4m. Será el encargado de abastecer a tres conductoras, una de ella será de 200 mm de diámetro que alimentará las redes de la Comunidad de Mabujabo, la otra de 315 mm de diámetro alimentará las redes de los repartos Playa y Turey y la última suministrará a los demás repartos y al tanque existente de 1000 m³ situado en la meseta del Paraíso. Dichos tanques serán de distribución.

Foto 5: Tanque de distribución de 4000 m³



2.1.6 Tubería Principal

La tubería principal que alimentará a las redes está conectada a la tubería de salida del tanque, la misma es de PEAD, PN 8 atm y tiene un diámetro de 315 mm con una longitud total de 711 m. El trazado de la misma es por la margen derecha de la carretera en el sentido Turey-Playa, separada a 1.0 m de la fibra óptica. La misma está soterrada en una zanja de ± 1.15 m de profundidad y ancho de 0.6 m y asentada en un colchón de arena de 0.10 m de espesor, el recubrimiento manual es de 0.30 m sobre la corona y el resto mecanizado. En todo su recorrido tiene varios cruces, a través de la carretera y por obras de fábricas; para facilitar el desmonte de la misma en caso de rotura u otro evento extraordinario, se colocó una brida y portabrida en cada extremo de la tubería. Los accesorios están protegidos con sus respectivos registros de inspección. Las inflexiones horizontales que generan codos de 45° , 60° y 90° se reforzaron con bloques de refuerzo.

2.1.7 Redes

Las redes están compuestas por las tuberías nuevas de PEAD de $\varnothing 90$ mm (PN 6 atm) y de $\varnothing 160$ mm (PN 6 atm). Las tuberías están soterradas en una zanja de 0.86 - 1.15 m de profundidad y ancho de 0.22 - 0.60 m, sobre un colchón de arena de 0.10 m de espesor. El rehincho fino manual sobre la corona de la tubería es de 0.30 m y el rehincho grueso mecanizado variable. Se encuentran colocados 4 tomas para hidrantes, 24 válvulas de cuña 90 mm, y 6 válvulas de cuña 160 mm. Todas las válvulas están protegidas con un registro de inspección y todos los elementos metálicos están protegidos con pintura anticorrosivo.

2.1.8 Acometidas

Las acometidas son de PEAD $\varnothing 16$, 20 y 50 mm para un total de 32 570 m, se consideró una longitud promedio de 10 m por usuario. Las mismas están soterradas en una zanja de 0.6 m de profundidad y 0.25 m de ancho. Las acometidas de $\varnothing 16$ y 20 mm se instalaron en las viviendas y edificaciones de 1 y 2 plantas respectivamente mientras que las de $\varnothing 50$ mm están en las instalaciones especiales y edificaciones multiplantas.

Foto 6: Acometida de Agua



2.1.9 Planta Potabilizadora

La Planta Potabilizadora será compacta de procedencia Iraní gracias a una donación y permite procesar un caudal de 104 L/s.

Foto 7: Planta Potabilizadora Baracoa.



2.2 Calidad del agua

Es necesario y obligatorio una distribución del agua con buena calidad por lo tanto son numerosos los ensayos realizados por la UEB Acueducto y Alcantarillado de Baracoa para conocer con actualidad la calidad del agua que se está entregando a la población.

Tabla 3: Métodos existentes en los que se apoya la UEB Acueducto y Alcantarillado Baracoa:

Ensayo	Nombre	Documentacion que ampara el ensayo	Método
pH	pH	PA 01 Procedimiento analítico para el ensayo de pH	Método electrométrico para medir el pH
*Turb	Turbiedad	PA 24 Procedimiento analítico para el ensayo de Turbiedad	Determinación de turbiedad por el Método Nefelométrico
*Color	Color	PA 24 Procedimiento analítico para el ensayo de Color	Método de color
Cl ⁻	Cloruros	PA 04 Procedimiento analítico para el ensayo de Cloruro	Determinación de Cloruros por el Método Espectrofotométrico
SO ₄ ²⁻	Sulfatos	PA 05 Procedimiento analítico para el ensayo de Sulfato	Determinación de Sulfatos por el Método Espectrofotométrico
Ca ²⁺	Calcio	PA 06 Procedimiento analítico para el ensayo de Calcio, Magnesio y Dureza Total	Determinación de Calcio por el Método titrimétrico con EDTA
Mg ²⁺	Magnesio	PA 06 Procedimiento analítico para el ensayo de Calcio, Magnesio y Dureza Total	Determinación de Magnesio por el Método de cálculo

DT	Dureza Total	PA 06 Procedimiento analítico para el ensayo de Calcio, Magnesio y Dureza Total	Determinación de Dureza Total por el Método tritimétrico con EDTA
*SDT	Sales Disueltas Totales	Sales Disueltas Totales	Método de cálculo o electrométrico
NO ₃ ⁻	Nitrato	PA30 Procedimiento analítico para el ensayo de Nitrato	Determinación de Nitrato por el Método de electrodo selectivo
NO ₂ ⁻	Nitrito	PA 10 Procedimiento analítico para el ensayo de Nitrito	Determinación de Nitrito por el Método colorimétrico

*CTT	Coliformes Termotolerantes	PA 21 Procedimiento analítico para el ensayo de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes	Determinación del Número Más Probable de Coliformes Termotolerantes por el Método de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes
*E.Coli	Escherichia Coli	PA 26 Procedimiento analítico para el ensayo de Escherichia Coli	Determinación del Número Más Probable de Escherichia Coli por el Método de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes

En la entidad se realizan muestreos mensuales de la calidad del agua en distintos puntos de la ciudad. En nuestro caso tomaremos en cuenta los datos obtenidos en el punto, "Punto Fijo Turey" número de muestra 417. Dicha muestra fue tomada en el mes de mayo.

Tabla 4: Resultados de ensayo

# de Muestra	pH (u) T (°C)	Color	Turb NTU	Cl ¹⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	NO ₃ ¹⁻ mg/L	NO ₂ ¹⁻ mg/L	DT mg CaCO/L	SDT
Muestra 417/ CMA NC 93-02	7.62	<15/ 15	1.05/ 10	14/ 250	16/ 400	16/ 200	19/ 130	<3.1	0	120/ 400	51/ 1000
Valor de incertidumbre (U)	± 0.3%	-	-	± 1.9%	± 2.0%	± 2.0%	± 2.1%	± 11.4 %	± 11.4 %	± 2.1%	-

2.3 Gestión de Operación de las redes del Sector Turey-Playa Sur

La gestión de operación de las redes del sistema de abastecimiento de agua en este sector se realiza de forma empírica, ya que la UEB Aguas y Alcantarillado de Baracoa no dispone de ninguna gestión de operación propuesta por el proyecto. Por tanto, me di a la tarea de proponer una gestión de operación para el correcto funcionamiento del abasto de agua en las redes.

Premisas y principios generales de la gestión de operación

Para que la gestión de operación sea adecuada, se requiere del cumplimiento de las siguientes premisas y principios de carácter obligatorio por parte del personal responsabilizado.

- 1) Los límites de los sectores hidrométricos identificados en el plano correspondiente son inamovibles.

- 2) Las válvulas instaladas en los límites de los sectores hidrométricos deben estar en posición cerrada durante la operación en condiciones normales.
- 3) La regulación o control de los caudales y presiones serán realizados siempre a la entrada de los sectores y circuitos hidrométricos.
- 4) En condiciones normales de operación las dotaciones a entregar serán de 170 l.p.p.d. y con coeficientes de irregularidad diaria y horaria de 1,5 y 1,9 respectivamente acorde con la norma cubana vigente.
- 5) El proyecto de explotación parte de la premisa de que todas las tuberías pasaron por las etapas de pruebas de presión y desinfección con resultados satisfactorios.
- 6) La capacitación sistemática y el aprendizaje permanente constituirán los pilares básicos para alcanzar una gestión técnico-económica adecuada.

2.4 Levantamiento de los parámetros físicos de la red y su estado técnico

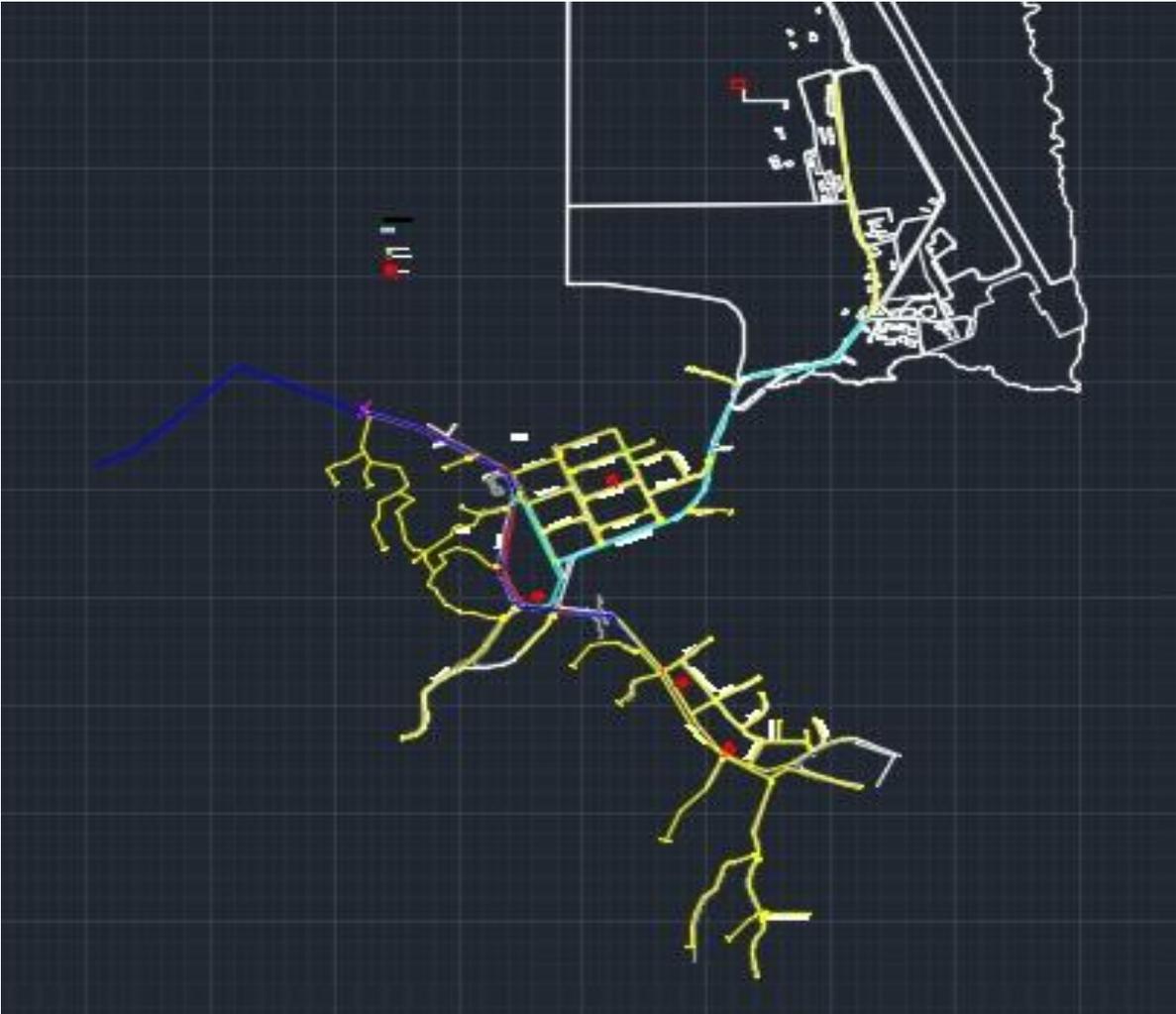
La red fue rehabilitada recientemente y para realizar el levantamiento físico de la red y evaluar su estado técnico, fue necesario:

Verificar el grado de actualización de los planos existentes de proyecto con las modificaciones de ejecución. Esta información gráfica fue facilitada por la UEB Aguas y Alcantarillado de Baracoa. En los cuales se llegó a la conclusión de que los planos existentes no cumplían su objetivo, ya que estos no estaban acordes a la realidad. Los principales problemas encontrados en los planos fueron:

- 1- Exceso de conductoras y válvulas proyectadas, ya que las mayorías de estas no fueron ejecutadas. Así como mal trazado de conductoras que si fueron ejecutadas
- 2- Se encontraron varias ubicaciones de hidrantes. Los cuales no fueron colocados, aunque si se construyeron las tomas.
- 3- Existencia de edificaciones que se construyeron después de haber realizado la Remodelación del Circuito

Por ende, en este presente trabajo me di la tarea de realizar una actualización lo más detallada posible de las redes del sistema y sus respectivas válvulas. La cual fue una tarea laboriosa ya que hubo que hacer una actualización completa partiendo casi desde cero. La red está compuesta en toda su extensión por tuberías de PEAD, con diámetros de 630mm, 315mm, 160mm 90mm encontrándose en buen estado.

Foto 8: Plano de redes de abastecimiento de agua a la población de la zona



2.5 Metodología para el cálculo de usuarios y demandas

1) Cálculo de las demandas de diseño.

Para el cálculo de la demanda de diseño se utilizó el método de las fórmulas estadísticas.

Para ello se emplearon las siguientes expresiones:

$$Q_p = \text{Dotación} \times \text{habitantes}$$

$$Q_{md} = Q_p \times K_1 \text{ (consumo o gasto máximo diario)}$$

$$Q_{mh} = Q_{md} \times K_2 \text{ (consumo o gasto máximo horario).}$$

Nota: Los coeficientes K_1 y K_2 se dan en dependencia de la población al igual que la dotación. (Ver tabla 5.)

Tabla 5. Coeficientes de irregularidad diaria y horaria. Dotación

Población en miles de personas	K 1	K2	Dotación (Lppd)
Menos de 2	1.5	1.9	125
2 – 10	1.5	1.9	170
10 – 25	1.5	1.8	250
25 – 50	1.4	1.8	270
50 – 100	1.4	1.7	285
100 – 150	1.4	1.6	300
150 – 300	1.3	1.6	325
300-500	1.3	1.5	340
Más de 500	1.3	1.5	370

2) Cálculo de las demandas de explotación.

Para el cálculo de las demandas de explotación se requiere previamente clasificación e inventario de los tipos de usuarios y las normativas de consumo establecidas en la resolución 287 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulico (INRH).

Donde:

Demanda = Normativa de Consumo * Cantidad de usuarios

3) Inventario físico por tipo de usuario.

Durante la etapa de búsqueda, recopilación de la información y conformación de las bases de datos, se procedió a realizar un levantamiento con el objetivo de conocer la cantidad total de usuarios del área en estudio.

Para determinar la cantidad de residentes se consultaron los Libros de Registro de Direcciones de la totalidad de los Comités de Defensa de la Revolución (CDR) radicados en el área. Se determinó además el tipo y cantidad de usuarios por entidad socio-cultural y económica, dato brindado por las administraciones de las respectivas entidades.

Como resultado de esta investigación se obtuvo la cantidad real de los habitantes del área con un total de 4425 y 15 entidades económicas y socio-culturales.

4) Estimación de fugas.

Concluido el levantamiento por tipos de usuarios, se procedió a estimar los niveles reales de fuga en las redes del circuito para una posterior comparación y adición a las demandas calculadas.

Foto 9: Población total y caudal máximo diario y horario (Demanda real)

Poblacion total	4425	
Qp total	8,707	L/s
Qmd total	13,060	L/s
Qmh total	24,814	L/s

Foto 10: Demanda total equivalente

total				4.4663	L/s
-------	--	--	--	--------	-----

Foto 11: Calculo Población futura

Poblacion Futura					
P futura = P actual *(1+r)^n	P futura	Poblacion futura	6575.31723		
	P actual	Poblacion actual	4425		
	r	Numero de años que se contempla el diseño	20 o 30	20	
	n	% de crecimiento anual en Cuba	2 o 2.5	2	0.02

2.6 Mediciones

La Macromedición es el conjunto de elementos y actividades permanentes destinadas a la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de los datos operacionales relativos a los flujos, volúmenes, presiones y niveles en sistemas de abastecimiento de agua.

En este trabajo se realizaron mediciones en distintos puntos de la ciudad para conocer el caudal directo que estaba pasando. Para ello se utilizó el caudalímetro ultrasónico mencionado en el epígrafe 1.8. Dichas mediciones son Macromediciones realizadas para saber cuánto entra y cuanto sale en la zona de estudio, y cuánto se está consumiendo dentro de esta.

Las mediciones no se pudieron utilizar en la zona de forma independiente, ya que se efectuaron en el punto donde la conductora transportaba agua a la ciudad completa. Estas mediciones se utilizaran por la UEB para que al unir la documentación digital de todos los trabajos realizados se pueda realizar la calibración del sistema.

Los pasos para trabajar con el caudalímetro ultrasónico son:

- 1-M10 Ventana para introducir el perímetro
- 2-M11 Te calcula el diámetro exterior
- 3-M12 Se introduce el espesor de la tubería
- 4-M13 Te calcula el diámetro interior de la tubería
- 5-M14 Se introduce el tipo de material
- 6-M20 Se introduce el tipo de flujo
- 7-M23 Se introduce el tipo de transducer (TM1)
- 8-M24 Posición del traductor (V,Z,N)
- 9-M25 Te calcula la distancia entre los sensores
- 10-M26 Especifica la calidad de lectura entre los sensores (mayor que 60)
- 11-M1 Te calcula el caudal y la velocidad
- 12-M97-M98-M99-Para imprimir los datos

Los resultados de dichas mediciones se encuentran en los anexos.

Foto 12: Realización de medición



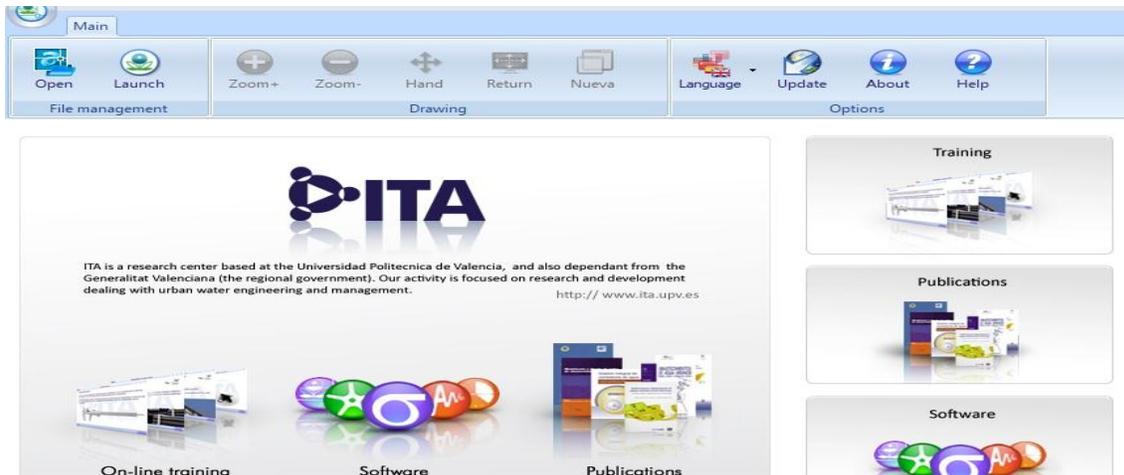
2.7 Epacad

El ITA (anteriormente Instituto Tecnológico del Agua), que se originó en torno a la cátedra de mecánica de fluidos de la Universidad Politécnica de Valencia, desarrolló EpaCAD, un programa que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD en un fichero interpretable por Epanet. Este software reconoce de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red

Pasos para el traslado

- 1- Dibujar el Plano en AutoCAD
- 2- El trazado del isométrico de la red de distribución debe estar en capas diferentes al resto del plano. Es importante tener en cuenta que EpaCAD interpreta como nudo el inicio y final de cada línea; de lo contrario, coloca nudos en cada vértice de la poli línea, según se defina.
- 3- Guardar el archivo como .dxf, extensión común para estos programas.
- 4- Posteriormente, en EpaCAD se abre el archivo .dxf.
- 5- A la izquierda de la pantalla aparecen las capas que contiene el plano, se deben seleccionar las que pertenezcan al plano
- 6- En la mitad de la pantalla se presentan las opciones Modo de conversión (Modo vértices o Modo nodos) y la tolerancia para conectividad (No considerar tolerancias o Considerar valor a indicar).
- 7- En la parte inferior central aparecen las opciones Atrás o Siguiente, si se está seguro de las elecciones realizadas se continúa.
- 8- Se abre una nueva ventana, donde se puede observar una imagen previa del trazado de la red.
- 9- Finalizar y guardar el archivo como. inp.
- 10- Debe aparecer una ventana indicando: Archivo generado satisfactoriamente.
- 11- Una vez creado el fichero se puede abrir directamente con Epanet, en el icono izquierdo superior: Lanzar.

Foto 13: Interfaz del programa EpaCad



2.8 Resultados de la Simulación del Comportamiento Hidráulico del Sector Turey-Playa Sur.

En la elaboración de la simulación del comportamiento hidráulico del sector Turey-Playa Sur se obtuvo:

- 1- Al realizar la simulación se obtuvo la demanda del sector la cual es de 29.28 L/s.
- 2- Se encuentran sobrepresiones en algunos nodos, principalmente en los que están en cotas bajas. Estas presiones están por encima de 50 mca, y el rango de presiones tomado es de 14 a 50 mca, ya que este rango es el usado por la UEB. Lo cual puede ocasionar roturas en los accesorios y salideros, trayendo como consecuencia pérdidas de agua.
- 3- Se encuentran bajas velocidades en las tuberías, ya que hay velocidades que son inferiores a 0.1 m/s.
- 4- No se encuentran grandes problemas de pérdidas, aunque en algunos tramos se encuentran pérdidas superiores a 1 m/km.

Por tanto, en esta zona las dificultades fundamentales son problemas de sobrepresiones en los nodos y bajas velocidades en las tuberías.

Foto 14: Simulación Hidráulica en el Software Epanet

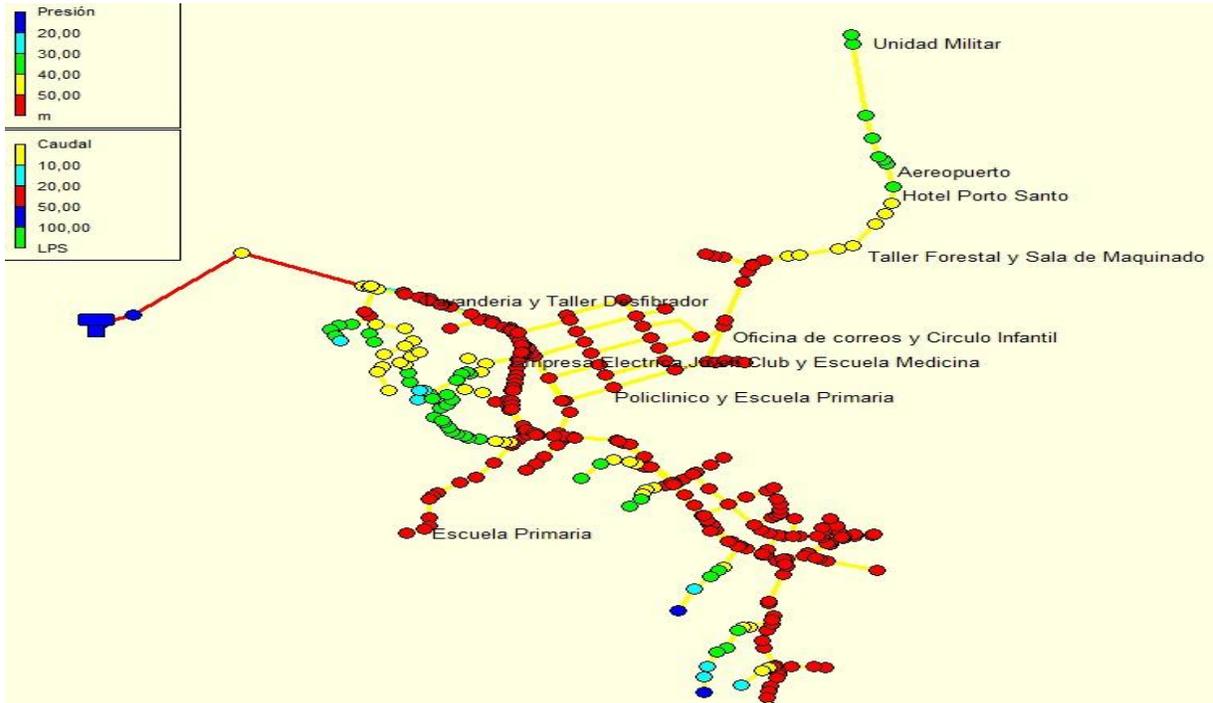


Foto 15: Mapa de Isolíneas

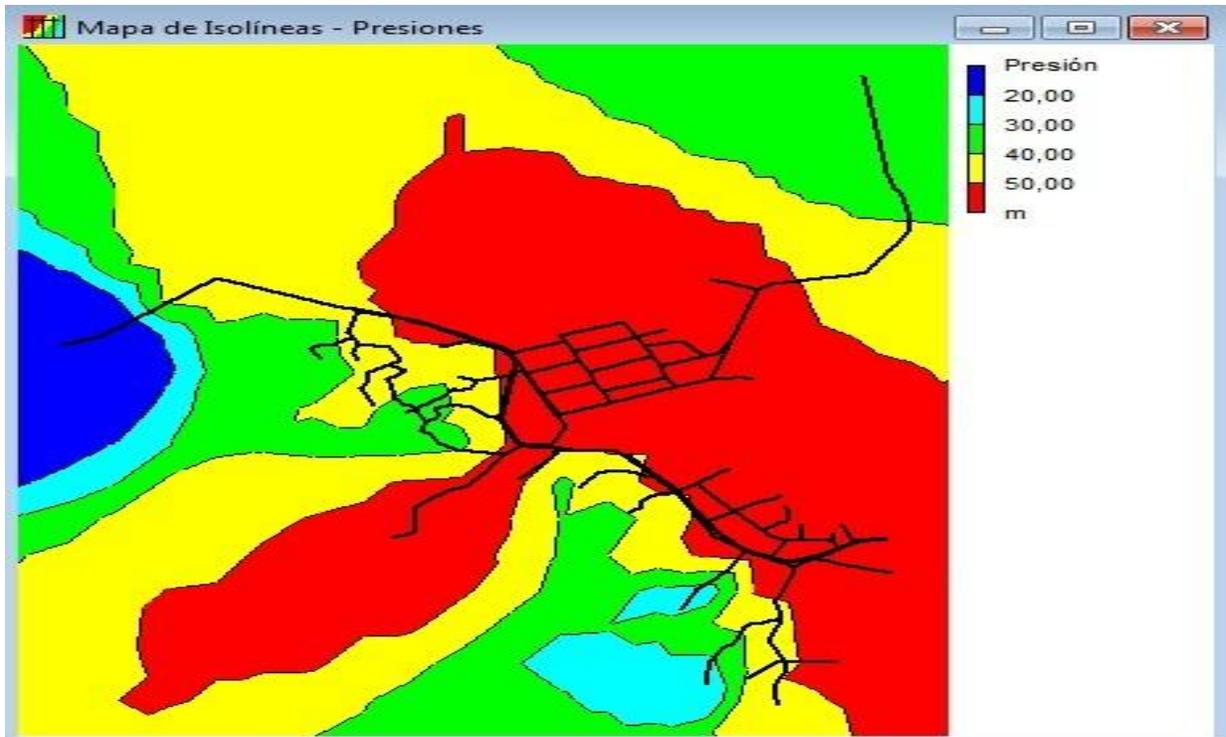


Foto 16: Tabla de Red- Nudos, obtenida del software Epanet

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión n4	0.39	54.76	52.30	0.00
Conexión n10	0.31	54.83	52.08	0.00
Conexión n11	0.23	54.79	53.91	0.00
Conexión n12	0.45	54.83	52.93	0.00
Conexión n13	0.28	54.79	53.31	0.00
Conexión n15	0.19	54.79	52.36	0.00
Conexión n19	0.37	54.77	53.60	0.00
Conexión n21	0.36	54.77	54.20	0.00
Conexión n24	0.40	54.76	52.80	0.00
Conexión n25	0.31	54.76	52.30	0.00
Conexión n47	0.62	54.91	53.41	0.00
Conexión n65	0.42	54.84	51.79	0.00
Conexión n73	0.44	54.65	53.01	0.00
Conexión n76	0.11	54.38	52.12	0.00

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión n87	0.28	54.38	49.38	0.00
Conexión n99	0.48	54.67	53.03	0.00
Conexión n107	0.45	54.66	52.13	0.00
Conexión n111	0.46	54.61	51.35	0.00
Conexión n113	0.11	54.60	50.48	0.00
Conexión n115	0.45	54.59	50.04	0.00
Conexión n120	0.25	54.92	53.62	0.00
Conexión n128	0.38	54.93	53.61	0.00
Conexión n136	0.81	54.98	53.34	0.00
Conexión n151	0.50	54.94	54.01	0.00
Conexión n157	0.57	54.94	54.01	0.00
Conexión n161	0.22	54.99	53.64	0.00
Conexión n165	0.57	54.96	54.03	0.00
Conexión n174	0.23	54.82	34.82	0.00

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión n177	0.22	54.39	50.89	0.00
Conexión n181	0.19	54.38	28.38	0.00
Conexión n184	0.26	54.43	51.96	0.00
Conexión n192	0.84	54.34	19.34	0.00
Conexión n197	0.66	54.93	19.93	0.00
Conexión n211	0.39	54.81	34.81	0.00
Conexión n214	0.33	54.94	52.03	0.00
Conexión n216	0.41	54.93	52.23	0.00
Conexión n219	0.45	54.92	53.72	0.00
Conexión n230	0.28	54.76	52.56	0.00
Conexión n238	0.28	54.77	53.17	0.00
Conexión n241	0.27	54.97	50.68	0.00
Conexión n243	0.42	54.77	52.01	0.00
Conexión n251	0.55	54.95	52.47	0.00

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión n253	0.42	54.94	51.12	0.00
Conexión n259	0.18	54.79	49.88	0.00
Conexión n261	0.22	54.79	35.74	0.00
Conexión n262	0.34	54.91	52.41	0.00
Conexión n263	0.43	54.83	45.74	0.00
Conexión n268	0.20	54.78	37.04	0.00
Conexión n269	0.66	54.76	30.41	0.00
Conexión n270	0.21	54.76	21.78	0.00
Conexión n271	0.92	54.76	33.31	0.00
Conexión n275	0.39	54.79	42.37	0.00
Conexión n278	0.43	54.85	51.85	0.00
Conexión n280	0.63	54.83	50.22	0.00
Conexión n283	0.39	54.76	48.76	0.00
Conexión n287	0.45	54.74	44.21	0.00

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión n298	0.36	54.82	46.61	0.00
Conexión n299	0.58	54.79	29.66	0.00
Conexión n326	0.33	54.77	53.56	0.00
Conexión n370	0.01	54.76	40.81	0.00
Conexión n382	0.92	54.93	52.43	0.00
Conexión n397	0.49	54.75	39.41	0.00
Conexión n398	0.01	54.75	38.45	0.00
Conexión n404	0.09	54.74	32.44	0.00
Conexión N411	0.57	54.83	53.40	0.00
Conexión N413	0.31	54.77	54.10	0.00
Conexión N414	0.38	54.77	53.15	0.00
Conexión N415	2.18	54.79	52.34	0.00
Conexión N416	0.39	54.77	52.90	0.00
Conexión N417	0.56	54.93	53.63	0.00
Depósito D1	-29.28	55.00	2.00	0.00

Conclusiones

Conclusiones.

- 1- Se realizó una amplia revisión bibliográfica tanto internacional como nacional del tema objeto de estudio, así como, se caracterizó la situación actual del acueducto, lo cual incluyó una actualización detallada del plano general del sector hidrométrico y de las tuberías y válvulas del mismo.
- 2- Se realizó un levantamiento de los tipos de usuarios por objetos de obra para conocer la demanda real y equivalente utilizando la norma 287 del 2016. concluyéndose que existen un total de 4425 habitantes y 15 entidades socio-económicas.
- 3- Se elaboró el modelo matemático para la simulación del comportamiento hidráulico del sistema de acueducto y la determinación de los parámetros de calidad del servicio de abasto bajo las normas de operación vigentes teniendo en cuenta las mediciones en el sistema para conocer el caudal y la presiones reales.
- 4- Se recomiendan acciones apoyándose en la creación de modelos digitales y simulaciones hidráulicas del sistema objeto de estudio.

Recomendaciones

Recomendaciones

- 1- Se le recomienda a la UEB Acueductos y Alcantarillados de Baracoa el uso de este trabajo, así como continuar realizando estudios futuros en esta zona.
- 2- Se recomienda realizar la sectorización de esta zona ya que se encuentran ubicados los metrocontadores, así como la creación de subsectores dentro de esta.
- 3- Construcción de los registros pitométricos para facilitar las mediciones en algunos puntos tales como:

En la entrada del sector, en la carretera para Mabujabo.

En la carretera de La Avenida Aereopuerto.

En la Intersección de 1ro de abril y Mariana Grajales, (conocida como la Y).

Referencia Bibliográfica

Referencia Bibliográfica

- 1- <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- 2- Diaz Duque José Antonio. Hacia el uso sostenible del agua en Cuba, IX Congreso Cubano de Geología, Taller sobre aguas subterráneas y contaminación.
- 3- https://www.ecured.cu/Trasvase_Este-Oeste
- 4- Franquet Reyes Tony Landy. Estudio técnico al Acueducto de Baracoa.
- 5- <https://www.nacion.com/opinion/foros/los-acueductos-en-la-historia/VCP24WTPKJFUHAQKXHH4XZ43PY/story/>
- 6- Zardoya Loureda Maria Victoria (2013). El Acueducto de Albear, obra maestra de la ingeniería cubana.
- 7- Bernardo Peña Luis. La revisión Bibliográfica.
- 8- https://www.researchgate.net/publication/319260924_La_revision_bibliografica_base_de_la_investigacion
- 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- 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.
- 12- Pèrez, 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
- 13- Pérez Franco, Diosdado. Introducción al Estudio de los Sistemas de Tuberías. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación, 1986.
- 14- González Díaz, Orestes. “Diseño Hidráulico de Plantas Potabilizadoras. C.I.H. Habana. Cuba. 2001.
- 15- 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.

- 16- García J.M. “El Control de la Contaminación de las Aguas; Monitoreo y Estudios Intensivos. Tesis C. Dr. Ciencias Técnicas. La Habana. Cuba. 1988.
- 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- 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.
- 20- 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 Río. Cuba. 2001.
- 21- 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
- 22- 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

Bibliografía

Bibliografía

- 1- Barreda Trujillo Ángel. Guía general de los trabajos de diploma convenidos con “AGUA SANTIAGO” 2010-2011
- 2- Barreda Trujillo Ángel. Procedimiento para el traslado de un mapa de fondo al Software EPANET 2.0.
- 3- Bell Despaigne Mirtha. Gestión de operación de los nuevos acueductos de la ciudad de Santiago de Cuba, Circuito Hidrométrico Agüero Bajo, Primera Etapa
- 4- Bernardo Peña Luis. La revisión Bibliográfica.
- 5- Diaz Duque José Antonio. Hacia el uso sostenible del agua en Cuba, IX Congreso Cubano de Geología, Taller sobre aguas subterráneas y contaminación
- 6- Driggs Campo Alain. Gestión de Operación del Acueducto de Holguín en la zona Este
- 7- Franquet Reyes Tony Landy. Estudio técnico al Acueducto de Baracoa
- 8- García J.M. “El Control de la Contaminación de las Aguas; Monitoreo y Estudios Intensivos. Tesis C. Dr. Ciencias Técnicas. La Habana. Cuba. 1988.
- 9- González Díaz, Orestes. “Diseño Hidráulico de Plantas Potabilizadoras. C.I.H. Habana. Cuba. 2001.
- 10- González Medina Yaimara. Estudio técnico del Acueducto del poblado de Dos Palma, provincia Santiago de Cuba
- 11- 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.
- 12- Hung Pacheco Sailyn. Gestión de Operación de los nuevos Acueductos de la Ciudad de Santiago de Cuba, Circuito Hidrométrico Rajayoga, Primera Etapa
- 13- Luztonó López Leonardo Enrique. Gestión de Operación del Acueducto No 1, Quintero, Circuito Hidrométrico Altamira No 1
- 14- NC 93-02 “Norma Cubana del Agua Potable. Requisitos Sanitarios y muestreos. 1985.
- 15- NC 93-11 “Norma Cubana de Fuentes de Abastecimiento de Agua. Calidad y Protección Sanitaria. 1986.
- 16- Pérez Franco, Diosdado. Introducción al Estudio de los Sistemas de Tuberías. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación, 1986.

- 17- Pérez Hernández Onell. Gestión de Operación del Acueducto No 2 San Juan en la zona del Litoral
- 18- 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.
- 19- 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
- 20- 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
- 21- 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.
- 22- Sánchez Reyes Víctor Alejandro. Gestión de Operación de los nuevos Acueductos de Santiago de Cuba, Circuito Hidrométrico Nuevo Vista Alegre, Primera Parte
- 23- Software Epacad 1.01 Manual de Ayuda
- 24- Software Profesional Epanet 2.0. Manual de Ayuda.

Anexos

Anexos

Anexo 1: Tabla de Red-Tuberías obtenidas del software Epanet.

Tabla de Red - Líneas						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería p13	75.02	90	0.19	0.03	0.02	0.031
Tubería p343	1.107	160	13.63	0.68	3.04	0.021
Tubería p345	11.34	315	1.19	0.02	0.00	0.044
Tubería T2	6.26	630	29.28	0.09	0.01	0.021
Tubería T1	28.16	90	-0.09	0.01	0.01	0.050
Tubería T4	222.77	90	-0.09	0.01	0.01	0.051
Tubería T11	70.71	90	-0.09	0.01	0.01	0.051
Tubería T20	57.72	90	-0.09	0.01	0.01	0.051
Tubería T26	14.14	90	-0.09	0.01	0.01	0.051
Tubería T28	12.03	90	-0.09	0.01	0.01	0.050
Tubería T54	73.57	90	-0.10	0.02	0.01	0.048
Tubería T55	49.16	90	-0.59	0.09	0.17	0.035
Tubería T56	35.70	160	-0.59	0.03	0.01	0.040
Tubería T57	35.45	160	-0.59	0.03	0.01	0.040
Tubería T58	81.85	160	-0.59	0.03	0.01	0.040
Tubería T59	29.38	160	-0.59	0.03	0.01	0.039
Tubería T60	79.66	160	-0.59	0.03	0.01	0.040
Tubería T61	22.37	160	-0.59	0.03	0.01	0.039
Tabla de Red - Líneas						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería T62	47.91	160	-0.59	0.03	0.01	0.039
Tubería T63	25.93	160	-0.59	0.03	0.01	0.040
Tubería T64	2.63	160	-0.59	0.03	0.01	0.038
Tubería T65	20.74	160	-0.87	0.04	0.02	0.035
Tubería T66	59.73	90	0.28	0.04	0.04	0.042
Tubería T67	19.19	90	0.28	0.04	0.04	0.042
Tubería T68	18.72	90	0.28	0.04	0.04	0.042
Tubería T69	33.66	160	-0.87	0.04	0.02	0.036
Tubería T70	121.78	160	-0.87	0.04	0.02	0.036
Tubería T71	20.67	160	-0.99	0.05	0.03	0.034
Tubería T74	14.83	90	0.28	0.04	0.05	0.042
Tubería T75	20.96	90	0.28	0.04	0.05	0.042
Tubería T76	24.12	90	0.28	0.04	0.05	0.042
Tubería T77	15.27	90	0.28	0.04	0.05	0.042
Tubería T79	138.91	90	-0.26	0.04	0.04	0.041
Tubería T80	91.36	90	0.34	0.05	0.06	0.040
Tubería T81	60.68	90	-0.33	0.05	0.06	0.040
Tubería T82	2.22	90	-0.40	0.06	0.08	0.038

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

Tabla de Red - Líneas						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería T83	53.74	90	0.21	0.03	0.02	0.033
Tubería T84	32.53	90	0.07	0.01	0.00	0.060
Tubería T85	37.39	90	-0.18	0.03	0.01	0.030
Tubería T86	37.20	90	0.00	0.00	0.00	0.628
Tubería T87	37.71	90	-0.34	0.05	0.06	0.040
Tubería T88	36.12	90	-0.22	0.04	0.03	0.036
Tubería T90	122.78	90	-0.52	0.08	0.13	0.036
Tubería T91	126.12	90	0.55	0.09	0.15	0.035
Tubería T92	126.92	90	0.55	0.09	0.15	0.035
Tubería T93	124.74	90	0.50	0.08	0.12	0.036
Tubería T94	131.26	160	2.28	0.11	0.11	0.028
Tubería T95	18.76	90	-0.52	0.08	0.13	0.036
Tubería T96	36.61	90	0.24	0.04	0.03	0.038
Tubería T97	35.85	90	-0.31	0.05	0.05	0.041
Tubería T98	37.54	90	0.28	0.04	0.05	0.042
Tubería T99	37.51	90	-0.27	0.04	0.04	0.042
Tubería T100	34.87	90	0.36	0.06	0.07	0.039
Tubería T101	38.85	90	-0.14	0.02	0.01	0.033

Tabla de Red - Líneas						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería T102	104.32	160	-4.60	0.23	0.41	0.024
Tubería T103	104.91	90	-0.81	0.13	0.30	0.032
Tubería T104	74.81	90	0.49	0.08	0.12	0.036
Tubería T105	106.34	90	-0.87	0.14	0.33	0.031
Tubería T106	73.70	90	-0.33	0.05	0.06	0.040
Tubería T107	27.67	90	-1.64	0.26	1.05	0.028
Tubería T108	48.93	90	0.99	0.16	0.42	0.031
Tubería T109	106.61	90	0.99	0.16	0.42	0.031
Tubería T110	6.00	160	-5.40	0.27	0.54	0.024
Tubería T111	38.28	160	-0.47	0.02	0.01	0.041
Tubería T112	2.62	160	-4.93	0.25	0.46	0.024
Tubería T113	154.76	160	-4.93	0.25	0.46	0.024
Tubería T114	1.42	90	-2.63	0.41	2.48	0.026
Tubería T115	19.27	90	-2.63	0.41	2.48	0.026
Tubería T116	14.76	160	-7.56	0.38	1.01	0.022
Tubería T117	4.48	160	-7.56	0.38	1.01	0.022
Tubería T118	64.92	160	-0.47	0.02	0.01	0.040
Tubería T119	59.62	160	-0.47	0.02	0.01	0.041

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería T120	24.74	160	-3.00	0.15	0.19	0.026
Tubería T121	57.71	160	-3.00	0.15	0.19	0.026
Tubería T122	11.65	160	-3.00	0.15	0.19	0.026
Tubería T123	13.32	160	-4.63	0.23	0.41	0.024
Tubería T124	32.40	160	-4.63	0.23	0.41	0.024
Tubería T125	69.58	160	-4.63	0.23	0.41	0.024
Tubería T126	20.75	315	0.00	0.00	0.00	0.000
Tubería T127	2.27	315	-1.19	0.02	0.00	0.054
Tubería T128	50.71	315	-1.19	0.02	0.00	0.039
Tubería T129	7.82	315	-1.19	0.02	0.00	0.032
Tubería T130	20.14	315	-1.19	0.02	0.00	0.043
Tubería T131	68.57	315	-1.19	0.02	0.00	0.038
Tubería T132	11.42	315	-1.19	0.02	0.00	0.043
Tubería T133	12.71	315	-1.19	0.02	0.00	0.039
Tubería T134	32.17	315	-1.19	0.02	0.00	0.038
Tubería T135	10.11	315	-1.19	0.02	0.00	0.037
Tubería T136	13.25	315	-1.19	0.02	0.00	0.037
Tubería T137	13.89	315	-1.19	0.02	0.00	0.036

Anexo 2: Cálculo de la Demanda Real.

Demanda real							
Zona 1 Turey							
CDR	Poblacion	Dot	Qp (l/s)	k1	Qmd (l/s)	k2	Qmh (l/s)
1	98	170	0.193	1.5	0.28923611	1.9	0.550
2	60	170	0.118	1.5	0.17708333	1.9	0.336
3	59	170	0.116	1.5	0.17413194	1.9	0.331
4	76	170	0.150	1.5	0.22430556	1.9	0.426
5	75	170	0.148	1.5	0.22135417	1.9	0.421
6	56	170	0.110	1.5	0.16527778	1.9	0.314
7	49	170	0.096	1.5	0.14461806	1.9	0.275
8	80	170	0.157	1.5	0.23611111	1.9	0.449
9	56	170	0.110	1.5	0.16527778	1.9	0.314
10	50	170	0.098	1.5	0.14756944	1.9	0.280
total	659		1.297		1.94496528		3.695

Anexo 3: Cálculo de la Demanda Equivalente.

Demanda Equivalente					
Entidad	Cantidad	Norma	Unidad	Consumo (l/s)	Observaciones
Unidad Militar	79	0.1	m3/p/d	0.091	Trabajad
Aeropuerto	32	16	l/p/d	0.006	Trabajad
Hotel Porto Santo 3 estrellas	83	0.51	m3/h/d	0.490	Habitacion
Taller Forestal	21	16	l/p/d	0.004	Trabajad
Sala de Maquinado	18	16	l/p/d	0.003	Trabajad
Oficina de correo Turey	12	16	l/p/d	0.002	Trabajad
Circulo Infantil	332	0.1	m3/n/d	0.384	niños
Policlinico	5882	0.03	m3/u/d	2.042	Usuarios
Escuela Primaria Turey	605	0.02	m3/a/d	0.140	alumnos
Escuela Primaria Guanacon	472	0.02	m3/a/d	0.109	alumnos
Escuela Medicina	879	0.02	m3/a/d	0.203	Alumnos
Joven Club	3762	16	l/p/d	0.697	Usuarios
Empresa Electrica Basica	131	16	l/p/d	0.024	Trabajad
Lavanderia	560	0.04	m3/kg/d	0.259	Kg ropa seca
Taller Desfibrador	54	16	l/p/d	0.010	Trabajad
total				4.466	L/s

Anexo 4: Indices de consumo de agua para producciones y servicios

Sector	Actividad	Unidad de medida	Índice	Unidad del índice
SALUD PUBL	Hospital clínico quirúrgico con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital clínico quirúrgico sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital pediátrico con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital pediátrico sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital clínico obstétrico con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital clínico obstétrico sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital especializado con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital especializado sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital oftalmológico con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital oftalmológico sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital ortopédico con lavandería	cama	0,850	m³/c/d
	Hospital ortopédico sin lavandería	cama	0,720	m³/c/d
	Hospital psiquiátrico con lavandería	cama	0,600	m³/c/d
	Hospital psiquiátrico sin lavandería	cama	0,470	m³/c/d
Hogares de anciano con lavandería	cama	0,350	m³/c/d	

Sistema de Redes de Abasto de Agua potable a la población en la zona Turey-Playa Sur

Sector	Actividad	Unidad de medida	Índice	Unidad del índice
Energía y Minas	Refinería de petróleo	t	10,00 a 40,00	m ³ /t
	Generación de energía eléctrica (Termoeléctricas)	Gw/h	545,00	m ³ /Gw/h
EDUCACION	Círculos infantiles	niños	0,100	m ³ /n/d
	Jardines de la infancia	niños	0,050	m ³ /n/d
	Centros docentes	Al. Intern.	0,100	m ³ /a/d
	Centros docentes	Al. Extern.	0,020	m ³ /a/d
	Centros docentes	Al. Semi I	0,030	m ³ /a/d
	Educación especial	Alumnos	0,200	m ³ /a/d
	Laboratorios	laboratorio	0,100	m ³ /l/d
	Taller	taller	0,050	m ³ /t/d
Nota: Los centros docentes consideran todos los niveles de enseñanza: Institutos, universidades, politécnicos de la salud y otros centros docentes independientemente de la entidad que lo atienda.				
CULTURA	Cines y teatros	Espectador	0,004	m ³ /e/d
	Museos y casas de cultura	Visitante	0,003	m ³ /v/d
	Bibliotecas	Serv. Prest.	0,004	m ³ /s.p/d
	Poligráficos	t publicaciones	0,340	m ³ /t

