



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

Trabajo de Diploma

Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico

**Gestión de operación del acueducto de la ciudad de
Baracoa. Caso de Estudio Sector La Asunción-Playa Norte.**

Autor: William Jiménez Correa

Tutores: M.Sc. Ing. Eudel Michel Rojas.

M.Sc. Profesor: Onell Pérez Hernández

Pensamiento

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

Abstract

Índice

INTRODUCCION.

El agua según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua y se define como:

“ Cuerpo formado por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquido inodoro, insípido, incoloro en pequeñas cantidades y verdoso en grandes masas, que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares.

El agua resulta ser un recurso natural muy interesante, no solo porque propició la vida en la Tierra y porque por su conducto se contraen enfermedades e incluso se encuentra la muerte, sino porque se trata de un recurso natural, finito, escaso, renovable y vulnerable, que se distribuye irregularmente en el tiempo y en el espacio.

El desarrollo de la humanidad se debe principalmente a la utilización de los recursos naturales, pero principalmente al de uno en específico el agua., ya que este posibilita la expansión demográfica y los progresos de la producción, que van desde la agricultura hasta la electrónica. Convirtiéndose en la necesidad más urgente para el ser humano, a pesar de ello, son muy pocas las poblaciones que disponen de este elemento en cantidad y calidad suficiente, ya que su distribución en el mundo no es homogénea. Llegando a ser uno de los recursos más esenciales de la naturaleza.

El volumen del agua en el mundo se expresa en una cifra de 1.360 millones de m³. Si dividimos esta cifra por cada ser humano, le correspondería a cada uno 250.000 millones de litros, lo que equivaldría a 400.000 piscinas de natación. Bajo estas perspectivas, el agua aparece como un recurso prácticamente ilimitado. Pero sólo el 3% es dulce y la mitad de ella es potable.

En Cuba la acción humana sobre los recursos hídricos del país tiene una enorme incidencia sobre su vulnerabilidad actual y futura, así como introduce determinada incertidumbre acerca de la calidad y disponibilidad del agua tanto en el presente como para los años venideros. Varias son las manifestaciones de esta acción de origen antrópico, esencialmente la contaminación, el despilfarro, el uso irracional, el incremento de la demanda para todos los usos.

Esta dilapidación del agua, no respaldada en modo alguno por un producto o un servicio, también significa una presión sobre los sistemas de alcantarillado en las ciudades y los sistemas de tratamiento en sentido general, pues son recargados con un importante volumen del líquido de manera innecesaria e improductiva, contribuyendo además a la contaminación de los cuerpos destinatarios.

En el marco de la intensa sequía que abarcó los años 2004-2005, el entonces Presidente del Instituto de Recursos Hidráulicos reconocía en su informe, ante los Diputados a la Asamblea Nacional del Poder Popular, el mal estado técnico de las redes de acueductos y del herraje en las viviendas, por lo que se perdía más de la mitad del agua suministrada por las fuentes durante la distribución y el consumo, es decir, más de 800 millones de m³ por año (INRH 2005). Esta situación no varió para el siguiente período de sequía (2009-2010) y continuó vigente para la severa sequía que desde el 2014 asoló al país por casi tres años (Batista 2015). En la actualidad las pérdidas sobrepasan el 50 % del agua bombeada a nivel nacional, es decir, por encima de los mil millones de metros cúbicos por año.

La disponibilidad de este recurso está totalmente ligada al bienestar y prosperidad de cualquier sociedad, de ahí la importancia que cobra la buena gestión de las Redes de Abastecimiento de Agua Potable (RDAP).

Estas son las infraestructuras que permiten transportar el recurso en cuestión desde las fuentes hasta los consumidores; es decir, a través de ellas se da

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

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

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

No siempre el incremento de la demanda de agua por el sector productivo se ha correspondido con una respuesta en el volumen de los productos entregados a la

sociedad, lo cual es un reflejo de su insostenibilidad. Tal es el caso de la agricultura, que además consume la mayor parte del agua que se extrae de las cuencas hidrográficas.

Muchos son los motes que, por su paisajística y encanto natural, se conoce a la bella Baracoa, vocablo taíno que significa “existencia de agua” o “rodeada de agua”, prístina Villa fundada por los españoles en Cuba en 1511, y donde radicó la primera capital y el primer episcopado de la isla.

La ciudad de Baracoa se encuentra situada al norte de la provincia de Guantánamo, muy próximo al extremo Oriental de la isla de Cuba. Limita con otros municipios: al sureste con Maisí, al suroeste con Imías y San Antonio del Sur, y al oeste con Yateras y Moa. Es la capital del Municipio del mismo nombre y es el segundo de importancia en la provincia de Guantánamo. En esta se encuentra el río más caudaloso de Cuba y con las mayores reservas acuíferas en la América insular. Está plagada de aguas, por doquier que se mire se verá un asomo de ríos, arroyos, cañadas, las características típicas de la región y el complejo relieve orográfico le facilita poseer la mayor red hidrográfica de Cuba hasta el punto de alcanzar una densidad de hasta 8 kilómetros de cauce por cada km² de su superficie, la cuenca del río Toa es la más importante del país, así mismo existen las cuencas del río Duaba, Miel y Yumurí.

El potencial hidráulico total de la región es de los más elevados del país y se calcula que asciende a más de 3000 millones de m³, correspondiendo la mayor parte a las aguas superficiales, ya que las subterráneas son escasas producto a las características del relieve y a la naturaleza poco permeable de las rocas del subsuelo, existen 29 cuencas hidrográficas de interés, la más importantes de ellas, la cuenca del Toa. Trece ríos y arroyos atraviesan la región con sus características distintivas, en general son de corto cauce, gran caudal y de marcadas pendientes.

Para el abastecimiento de agua a la población y a la industria se cuenta con tres fuentes de abastecimiento, los acueductos Macaguanigua, el Miel, y el Duaba. La fuente de abasto Macaguanigua, fluye casi paralelo al río Duaba, de suroeste a noroeste y desemboca en la Bahía de Baracoa, en sus márgenes está asentada parte de la población urbana de la ciudad. El Río de Miel o Miel, tomada en el puente del mismo nombre ocupa una cuenca de más del 17% del territorio del municipio y se expande por 171.2 km², está orientado de Suroeste al Noroeste y tiene varios afluentes, el más significativo es el río de las Minas. El Duaba Localizado en la zona de Duaba, corre a los pies del Yunque y se extiende aproximadamente unos 30 km desde su nacimiento en la región de Guantánamo, siendo su cauce abundante.

Las consecuencias de la falta de agua en la ciudad de Baracoa con la constante insuficiencia e ineficiencia en el servicio de abasto a la población constituyen actualmente un serio problema de impacto social debido al vertiginoso desarrollo demográfico, económico y social.

Una de las zonas que se encuentra afectada con esta situación es el sector La Asunción – Playa Norte, comprendiendo la mayor parte de la ciudad de Baracoa. Este sector aparte de ser una zona residencial, posee grandes instituciones y servicios públicos, los cuales reportan una gran demanda.

Estos servicios e instituciones están representados por:

- Círculos infantiles, escuelas primarias, secundarias y preuniversitarias.
- Cadenas de hoteles (Gaviota.)
- Fábrica de conservas y fábrica de producción de Cacao.
- Servicios de atención a la salud (Materno y policlínico)

La realización de este trabajo responde a una solicitud realizada por La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Baracoa, así como la necesidad de cometer el estudio preliminar sobre el abasto de agua a la población del sector La Asunción- Playa Norte. Prestando atención a las pérdidas físicas de agua en conductora, redes de distribución y las pérdidas comerciales de agua por no medición o facturación de los volúmenes consumidos por estos, que constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto de agua a la población y a la economía.

Antecedentes Históricos del acueducto de la ciudad de Baracoa.

Fue fundado en 1864, poco tiempo después de haber sido aprobado el expediente de concesión por el Gobernador y Capitán general de la Isla de Cuba. El iniciador y constructor de esta obra fue el distinguido ingeniero Sr. Carísimo Espalter natural de España el cual residía en Baracoa. Antes de la existencia de el mismo se sufrían grandes rigores para poder obtener el agua que se necesitaba para el servicio de una casa de familia, expediéndose aquella por medios de carretas conducidas por sus dueños, que en las mismas llevaban una pipa llena de dicho líquido y lo vendían a dos latas o dos garrafones por cinco centavos, no cuando se necesitaba sino cuando a dichos conductores les venía en ganas realizar la operación de la venta de dicho artículo. Tres eran los grandes inconvenientes que se ofrecían para la adquisición del agua, por los medios antes indicados, las características del artículo ,la falta de pureza o potabilidad de la que se obtenían sus conductores de los ríos Macaguanigua y Miel lugares q no ofrecían ninguna clase de higiene. En aquel tiempo existía un censo de población de 4000 habitantes.

Diseño de la Investigación

Situación Problemica:

- Gestión en las operaciones del suministro del agua en la zona de objeto de estudio lo que esto ocasiona insatisfacción en la población. Por lo que se hace necesario establecer un modelo de calibración y modelación, que permita mejorar el funcionamiento del sistema de abasto de agua al mismo

Problema:

- Insatisfacción de la población con el suministro de agua a la zona de la Asunción-Playa Norte

Unidad de investigación:

- Zona de La Asunción- Playa Norte del Acueducto de la Ciudad de Baracoa

Objeto de la investigación:

- La red de distribución del sector La Asunción- Playa Norte.

Objetivo General:

Recomendar acciones para mejorar la gestión de operación de los acueductos de la ciudad de Baracoa en la zona La Asunción-Playa Norte teniendo en cuenta, entre otros: mediciones de caudales, presiones y las pérdidas físicas en las redes de distribución.

Objetivos específicos:

- Describir y evaluar la situación actual del acueducto perteneciente a la Ciudad de Baracoa, caso de estudio de la zona la Asunción-Playa Norte.
- Realizar las mediciones de caudales ,presiones y pérdidas físicas en la red de distribución.
- Simular el comportamiento hidráulico de la zona en estudio, con el software EPANET.

- Brindar recomendaciones para la solución de las dificultades existentes en el abasto de agua a los usuarios.

Hipótesis:

La existencia de un modelo actualizado de simulación del comportamiento hidráulico del Circuito Hidrométrico La Asunción - Playa Norte permitirá analizar las causas que originan insatisfacciones en los usuarios a partir de la calidad del servicio de abasto de agua en correspondencia con la gestión de operación vigente.

Tareas a Desarrollar:

- Recolección de información teórica y técnica sobre el objeto de investigación.
- Actualización detallada del plano general de la zona y la localización de las tuberías y válvulas.
- Levantamiento de los tipos y cantidad de usuarios dentro de la zona.
- Simular el comportamiento hidráulico de la zona.
- Evaluación de la calidad del servicio de abasto a la zona.

Términos y Definiciones.

- **Modelación.** Consiste en la representación material o teórica del objeto que se estudia a fin de poder analizar sus particularidades y operar y/o experimentar con ellos.
- **Eficacia** Se trata de la capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas.
- **Sectorización.** Es la división de la red de distribución de agua potable en sectores hidrométricos (distritos), definidos a partir de la red primaria que pueden aislarse hidráulicamente del resto de la red con movimiento de

válvulas de seccionamiento. Se utiliza entre otras cosas para precisar un diagnóstico, detectar fugas, facilitar su eliminación y optimizar el control de pérdidas de agua.

- **Demanda.** Cantidad de agua requerida de la red para todos los usos por los diferentes usuarios. Se refiere a las demandas de explotación.
- **Dotación (Dot).** Es la cantidad de agua consumida por una persona en un día. Se mide en litros por persona por día (Lppd).
- **Tipo de Red.** Se refiere a sí la red es abierta o cerrada, incluye dimensiones, naturaleza del material, tipo de nodos, pendientes y cotas de las tuberías.
- **Red de Abasto.** Componente del sistema de abasto formado por tuberías, piezas de conexión y válvulas dispuestas de forma tal que permite el abasto de agua a las distintas tomas de consumo.

CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE.

Mundialmente el abasto de agua para el consumo humano ha constituido una de las problemáticas mayores que sufre la humanidad dada la contaminación de ríos y mares por la propia actividad del hombre; este desde su surgimiento, buscó medios y vías para la adquisición de este preciado e insustituible líquido, no solo para su consumo desde el punto de vista fisiológico, sino también para el desarrollo de la sociedad en su conjunto, dígase fábricas, industrias, agricultura, la flora, la fauna, etcétera.

En la misma medida en que el hombre fue desarrollando su intelecto, fue buscando las vías más factibles para la obtención de este líquido, de manera que lo tuviera de forma permanente en sus viviendas. Así en la antigüedad era muy usual llevarla por gravedad siempre que las características físico – geográficas lo permitieran, lo cual si bien es cierto que es la forma menos costosa, no resolvía el problema a todos, dando origen a la aparición de bombas aspirantes. Sucesivamente fueron apareciendo sistemas de bombeo cada vez más sofisticados y que permiten la obtención de agua con mayor calidad.

En Cuba son cuantiosos los recursos que se invierten para que a cada casa o entidad estatal llegue agua apta para el consumo, mayoritariamente mediante acueductos por bombeo sumamente costosos no solo por la aplicación de la tecnología de avanzada, y los recursos que se invierten, sino también por la lejanía y características geográficas de gran parte de la isla, buscando siempre la obtención de su mejor calidad.

1.1 Sistema de abasto

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en

cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico (Suze, 2015).

Según los trabajos de diploma de los Ing. Suze, Quezada y García del año 2015, los componentes de un sistema de abastecimiento de agua son:

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

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

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

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

Equipo de Bombeo: Es una maquina en la cual el fluido que las atraviesa absorbe la energía mecánica comunicada por el motor de arrastre.

En los sistemas nuestro de acueducto se conocen tres tipos fundamentales:

- Bombas Horizontales.
- Bombas verticales de Pozo Profundo.
- Bombas verticales Sumergible.

A estos tres tipos de bomba se le miden los mismos parámetros.

Parámetros de las Bombas:

Gasto: Es la cantidad de agua que ellas pueden extraer.

Carga: Energía que se le comunica al fluido cuando este pasa por la bomba.

Potencia que Entrega: Es la potencia que le comunica la bomba al fluido. (Se calcula).

Potencia que Consume: Es la potencia que demanda la bomba del motor acoplado.

Eficiencia: Es el cociente entre la potencia que entrega la bomba y la que consume dada en % (se calcula).

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 que puede existir o no. La misma debe estar diseñada de tal manera que sea capaz de conducir el caudal correspondiente al consumo máximo diario (C M D) al final del período de diseño.

Estas conductoras se construyen de diferentes materiales que puede ser hierro fundido (HoFo), hormigón, centro acero y más recientemente aplicando los avances de la tecnología se construyen de plástico, entre otros. Las velocidades recomendables 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 3 m/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 de acuerdo con la topografía del terreno, tratando de que la construcción sea la más económica posible, evitando terrenos rocosos, pantanosos, basureros, cementerios, etc. La rasante de la tubería debe ser lo mas paralela posible, no menor de un 2%, teniendo en cuenta que en los puntos más altos de la misma hay que instalar ventosas. **Pérez Franco (1986).**

Cuando estas conductoras se coloquen cerca de las tuberías de agua residuales o crucen las mismas, debe haber entre ellas una separación adecuada y se colocarán por encima previendo con esto que cuando ocurra una rotura en la tubería de agua residual valla a contaminar la de agua para consumo.

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

Clasificación:

Según su posición:

- Elevado.
- Apoyado.
- Enterrado.
- Semienterrado.

Según su finalidad:

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

Parámetros que se miden o deben conocerse.

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

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

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

Planta de tratamiento: Un sistema de abastecimiento de agua debe de proveer a la población una buena calidad de agua bajo el punto de vista físico, químico, biológico y

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

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

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

- Aireación: La aireación de las aguas es realizada para remover los gases disueltos en exceso en las aguas (CO_2 , H_2S), remoción de sustancias volátiles y la introducción de oxígeno (inclusive para la oxidación de fierro).
- Coagulación o floculación: La coagulación o floculación es un proceso que aglomera las impurezas que se encuentran en forma de suspensión y en estado coloidal, en partículas sólidas que puedan ser removidas por decantación o filtración. Las partículas se agrupan constituyendo formaciones gelatinosas inconsistentes, denominados flóculos. Los flóculos iniciales son formados

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

- Decantación: La decantación o sedimentación es un proceso dinámico de separación de partículas sólidas suspendidas en el agua, donde las partículas más pesadas caen al fondo. Disminuyendo la velocidad de flujo de las aguas y reduciendo los efectos de turbulencia se provoca el asentamiento de las partículas. Esto es posible en tanques donde se trata de evitar al máximo la turbulencia, denominándose recipientes de sedimentación.
- Filtración: En un sistema de tratamiento de agua la filtración consiste en pasar el agua en capas porosas capaces de retener impurezas. El material poroso comúnmente empleado como medio filtrante es la arena, en la que se puede utilizar materiales como carbón (antracita) y el granate.
- Desinfección: La desinfección del agua es una medida con carácter correctivo o preventivo para garantizar la calidad del agua desde el punto de vista de la salud pública. Los productos normalmente utilizados para la desinfección de agua del abastecimiento público son:
 - a) Cloro (cloro gas o cloro líquido).
 - b) Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})$.
 - c) Hipoclorito de sodio $\text{Na}(\text{ClO})$.
 - d) Cal clorada (CaOCl).

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

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

- a) Sistema ramificado: En el tipo ramificado de red de distribución, la estructura del sistema es similar a un árbol. La Línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua, y de ésta se derivan todas las ramas.

b) Sistema malla: El rasgo distintivo del sistema en malla, es que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales.

c) Sistema combinado: De acuerdo con las características de la zona, son ampliaciones a la red de distribución en malla con ramas abiertas dando como resultando un sistema combinado.

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

Parámetros que se mide:

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

Instrumentos Utilizados.

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

1.2 El metraje del consumo de agua en un sistema de acueducto

En el proceso de diseño de un sistema de acueducto para una comunidad se parte de la asignación de un volumen de agua per cápita al día o dotación, tomado de las normas nacionales de acuerdo al tamaño de la población a abastecer, asumiendo este valor como el consumo medio en L/ (hab*día). La experiencia ha demostrado que el per cápita supuesto puede ser superado significativamente en función de las características propias de la comunidad y especialmente por el mal empleo del agua. Barreda (2017)

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

Este proceso de micro medición es el conjunto de acciones permanentes destinadas a obtener, procesar, analizar, y divulgar datos operacionales relativos a la medición directa del volumen de agua real consumido por cada cliente registrado el cual

constituye la base del proceso de facturación y cobro que garantiza la sustentabilidad del servicio de abasto.

Según Barreda (2017), el establecimiento de un programa de micro medición, contempla la selección de los tipos y tamaños de hidrómetros, a instalar no solo en función de los diámetros de las acometidas de los usuarios, es decir, no solo fijar el diámetro nominal de conexión de medidor, sino sus características de diseño y requerimientos de funcionamiento, rango de caudales que mide, la precisión de lectura, las pérdidas de presión que genera, los precios de adquisición y costos de instalación y mantenimiento, ya que es el instrumento que se utiliza para medir la cantidad de agua que pasa por la tubería. Constituye por tanto un proceso para la obtención de información fundamental para lograr una adecuada Gestión Integrada de Operación del Sistema de Abasto de Agua Potable, que permite:

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

9. Determinar el comportamiento de los consumos promedios y horarios por sectores hidrométricos.

1.3. La sectorización hidrométrica

La sectorización, que es considerada como una opción estratégica, implica la subdivisión de la red en subredes con una entrada de agua controlada. En cada segmento de subdivisión se maneja un valor máximo de demanda y dentro de ellos se trata de mantener una homogeneidad en lo que a elevación de terreno se refiere. Como uno de los grandes beneficios de su implementación se destaca el aumento de la facilidad con la que se detecta cualquier anomalía dentro de la red debido a la reducción de su tamaño (Herrera, 2011), (Morrison *et al.*, 2007), (CVIA, 2010). Contar con una red sectorizada permite no sólo aplicar técnicas particulares de control de fugas, sino además permite implementar modelos de gestión diversos (Campbell, 2013).

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

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

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

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

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

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

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

1.3.1. Objetivo y ventajas de la sectorización.

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

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

- Por su relativa poca extensión territorial, regularidad del relieve topográfico, simplicidad estructural, e independencia de operación tecnológica, se simplifica y facilita el control, la evaluación y la optimización de la gestión de operación hidráulica, de saneamiento y comercial.
- Facilita la elaboración y calibración de los modelos de simulación del comportamiento hidráulico del sistema tecnológico para diversos escenarios de operación, que incluyen:
 - El modelo de simulación del comportamiento hidráulico para las demandas promedio y máximas de los usuarios.
 - El modelo de simulación del comportamiento hidráulico para los consumos medidos

- Modelos de simulación del comportamiento hidráulico para la evaluación preventiva de alternativas de operación del sistema de acueducto y el adecuado control de aplicación de éstas, que permite además, la correcta toma de decisiones ante contingencias extremas como los provocados por incendios, frecuentes períodos de intensas sequías, y los potenciales riegos generados por huracanes y terremotos a que está expuesto el territorio.
- Facilita ejecutar racionalmente los programas de instalación de hidrómetros para la macro y micro medición con la finalidad de controlar y balancear los volúmenes de suministro de agua al sector hidrométrico y los volúmenes consumo de agua por tipo de usuario y las pérdidas físicas.
- Conformar rutas de lectura de los hidrómetros y de facturación del servicio de abasto exclusivas del sector hidrométrico que permita el análisis y la reducción de las pérdidas de agua comerciales y las cuentas por cobrar.
- Crear las bases de datos de clientes y las estadísticas del comportamiento histórico del consumo medido y facturado.
- Se hace factible alcanzar un mayor equilibrio en la relación suministro – consumo medido – consumo facturado – demanda de agua.
- Realizar estudios para la determinación del comportamiento de las demandas de aguas promedio y horarias para proponer regulaciones y curvas de modulación del comportamiento horario de las demandas para su utilización en la gestión de proyecto y de operación de sectores hidrométricos similares.
- Establecer procedimientos operacionales para lograr la calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de abasto en condiciones normales de explotación.
- Aplicar eficaz y racionalmente el programa de reducción de pérdidas de agua.

1.3.2. Metodología de las etapas y tareas del proceso de sectorización

El proceso de sectorización, según Barreda, (2017), cuenta con un grupo de medidas para su diseño e implementación, las cuales se muestran a continuación:

1. Planeación y estudio de alternativas de estructuración del sistema de acueducto en sectores hidrométricos.
 - Selección y conformación del equipo de trabajo
 - Capacitación del equipo de trabajo

- Localizar, compilar y actualizar la información técnica y gráfica de las redes hidráulicas del sistema de acueducto.
 - Elaborar las propuestas de alternativas de estructuración del sistema de acueducto en sectores hidrométricos
 - Determinar los nodos de entrada de los sectores hidrométricos propuestos.
 - Elaborar el programa de construcción de los registros hidrométricos. Comprende el diseño del tipo de registro y la organización y presupuesto de ejecución.
 - Elaborar el plan de mediciones de caudales y presiones en puntos seleccionados del sector hidrométrico propuesto.
 - Determinar los recursos requeridos humanos, materiales, financieros y de tiempo para la etapa de planeación y verificación de terreno en función de la extensión territorial diversidad y complejidad del sistema de acueducto.
2. Verificación de terreno en los sectores hidrométricos propuestos.
- Verificar y determinar los límites físicos e hidráulicos y comprobación de la existencia y funcionabilidad de los puntos de cierre de los sectores hidrométricos propuestos.
 - Verificar la información técnica de la infraestructura hidráulica en los sectores hidrométricos propuestos.
 - Acondicionar los puntos seleccionados de los sectores hidrométricos propuestos, para ejecutar el plan de mediciones de caudales y presiones.
3. Selección de la alternativa de sectorización hidrométrica del sistema de acueducto.
- Seleccionar la alternativa de estructuración del sistema de acueducto de las propuestas elaboradas, en función de los sectores hidrométricos que cumplan con los criterios básicos de evaluación para su creación, teniendo en cuenta las verificaciones de terreno y los resultados de las mediciones de caudales y presiones realizadas en la Etapa #2.
 - Determinar los recursos requeridos humanos, materiales, financieros y de tiempo para la ejecución de las tareas previstas en etapa de materialización de la alternativa seleccionada.

4. Materialización de la alternativa seleccionada de sectorización hidrométrica del sistema de acueducto (Diseño de cada sector hidrométrico).

- Estructurar, nominar, e inventariar los nodos y tuberías de la red de distribución del sector hidrométrico especificando sus parámetros y características.
- Inventariar los clientes localizados por cuadra del Sector Hidrométrico.
- Calcular las demandas de agua por cuadra y nodo de la red.
- Distribuir las demandas de agua del sector hidrométrico por nodo de la red.
- Elaborar el modelo teórico de simulación del comportamiento hidráulico.
- Correr el modelo de simulación para las demandas teóricas de agua.
- Emplear el modelo de simulación para determinar las presiones y caudales requeridos en los nodos de entrada.
- Seleccionar el diseño de los registros a construir en los nodos de entrada.

5. Materialización de la alternativa seleccionada de sectorización hidrométrica del sistema de acueducto Activación de cada sector hidrométrico cerrado de la alternativa selecciona.

- Ejecutar la construcción de los registros en los nodos de entrada a las redes de distribución del sector hidrométrico.
- Ejecutar de instalación de hidrómetros para la macro y micro medición.
- Certificar la calidad de los trabajos de construcción y de la funcionalidad de las instalaciones y los medios de medición.
- Verificar el registro de Clientes Residenciales y No Residenciales del Sector Hidrométrico.
- Informar a la comunidad del sector hidrométrico
- Verificar el aislamiento hidráulico del sector hidrométrico
- Conformar y explicar a las cuadrillas operativas de revisión, los procedimientos de trabajo
- Entregar a la dirección de operaciones de la EAA la documentación técnica elaborada y actualizada
- Ejecutar mediciones de control de presiones en nodos seleccionados del sector hidrométrico.

- Designar el o los lectores-cobradores del sector hidrométrico.
6. Implementar procedimientos de medición de caudales y presiones en los sectores hidrométricos activados.
- Realizar las lecturas iniciales de los hidrómetros
 - Realizar la primera lectura mensual de los hidrómetros de macro y micro medición
 - Revisar el estado técnico de los hidrómetros que reportaron consumos de agua anómalos.
 - Realizar campañas periódicas de lecturas de presión
 - Realizar mediciones de caudales
 - Calibrar el modelo de simulación.
7. Regulación de presiones de cada sector hidrométrico cerrado.
8. Control sistemático de las pérdidas físicas y comerciales y la eficiencia del servicio de abasto de agua de los sectores hidrométricos cerrados.

1.3.3 Aspectos a tener en cuenta para el diseño de sectores hidrométricos.

Procedimiento para el diseño de cada sector hidrométrico: con el empleo del software AUTOCAD y el plano topográfico digitalizado del sector hidrométrico, se dibujara la estructura de la red y se denominaran los nodos y los tramos de las tuberías:

- Dibujar y denominar los nodos.
- Dibujar y denominar los tramos de tuberías entre nodos.
- La denominación de los nodos y tramos de tuberías se realiza desde el nodo de entrada al sector hidrométrico y en sentido horario
- Con el empleo del software EXCEL se realiza el inventario de los parámetros físicos y características de los elementos que conforman la red.

1.4 CALIDAD DEL AGUA.

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

Según (Martínez y colaboradores, 1996) el agua se clora a la salida de las plantas de tratamiento y también a las salidas de las perforaciones, antes de ser inyectada a la red, otras veces se prefiere clorar directamente en los depósitos; pues bien el tiempo de retención del agua en la red afecta a su calidad debido a que el cloro es reactivo y desaparece con el tiempo de permanencia, al mismo tiempo crecen los cultivos bacterianos, así como los contenidos en productos derivados de la cloración, algunos de los cuales pueden ser perjudiciales; así pues, desde el punto de vista de la calidad interesa que el agua fluya rápido por la red, evitando velocidades bajas (tuberías pequeñas) y retención en los depósitos (volúmenes pequeños, eliminación de aljibes en los inmuebles, tanques, etc.)

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

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).

1.4.1 INDICES DE CALIDAD DEL AGUA.

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

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

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

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

Generalmente se realiza una serie muy amplia de análisis de distintos indicadores físico-químicos y microbiológicos a fuentes de abasto de agua de consumo ya conocidas con el fin de evaluar su potabilidad y calidad sanitaria (NC 93-11,1986),

muestreándose con una periodicidad establecida de forma generalizada. (NC 93-02,1985).

Según (Inclán y colaboradores,1992) en la actualidad se hace necesario estudiar esta situación para determinar el mínimo de indicadores físico-químicos y microbiológicos imprescindibles que se deben realizar para un control rutinario de la potabilidad, así como la frecuencia necesaria de realización de cada uno de éstos, teniendo en cuenta los distintos factores que influyen sobre variación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, estos factores varían dependiendo del origen de las aguas.

En el caso de las fuentes de abasto de origen subterráneo deben de tenerse en cuenta el tipo de cuenca y comunicación con otras, factores propios de la actividad microbiológica del suelo y tipo de roca, factores físico-químicos por disolución de estas características hidrogelológicas y factores antrópicos. (Keith, 1982).

En las fuentes de abasto, ya sea de origen superficial o subterráneo, se tendrá en cuenta el nivel de agua, la vegetación cercana, las actividades agrícolas-industriales y comunitarias en los alrededores, flujo de agua, escorrentías, etc. (GEMS/AGUA, 1985).

En tal sentido no deja de resultar atractivo lo apuntando por (Brown y colaboradores, 1972), cuando afirman que en el pasado el proceso de evaluación de la calidad del agua tendía a ser más un arte que una ciencia.

Para este tipo de estudio es necesario analizar el comportamiento de cada uno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que comúnmente se realizan en todas las fuentes de abasto y obtener los criterios que permitan seleccionar los que servirían como “parámetros centinelas” para detectar estabilidad o cambio en la calidad de las aguas; todos juntos formarían el “sistema de alerta” cuya función serviría para la toma de decisiones sobre la protección de las aguas, esto perfeccionaría el sistema de vigilancia de la calidad del agua en fuentes de abasto de acueducto. (Inclán y colaboradores, 1992), lo cual sucede en sentido genérico en todas las cuencas de nuestro país cuando se analizan la calidad de sus aguas.

1.4.2 VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO.

La vigilancia en general cualquiera que sea el campo, disciplina que la utilice, corresponde a un proceso sistemático, ordenado y planificado de observación y medición de variables, para luego describir, analizar, evaluar e interpretar tales observaciones y mediciones con propósitos definidos.

Según (Del Puerto, 1992), la vigilancia ambiental sirve para evaluar la efectividad de las medidas de higiene, prevención, control y correctivas aplicadas a un ámbito determinado. Entre los sistemas de vigilancia ambiental tiene primordial importancia el de las aguas de consumo humano, ya que por esa vía se pueden adquirir enfermedades de gran repercusión en el estado de salud de la población en un país o región, que se clasifican como de transmisión hídrica: Por contaminación química o bacteriológica. En muchos países hay normativas nacionales y en otros se utilizan las recomendaciones elaboradas por la Organización Mundial de la Salud (O M S), en consecuencia los criterios de calidad aplicados no son uniformes en todos los casos y el destino de la información obtenida no es siempre su conservación como registro histórico.

De acuerdo a la O.M.S. en 1953: -la composición química del agua varía considerablemente en distintos países del mundo-, es por eso que no es posible establecer normas rígidas sobre la calidad química del agua; sino implementar límites o tolerancias generalmente aceptables por los consumidores.

Los límites o tolerancias sólo tienen un valor indicativo, en determinadas circunstancias pueden hacerse caso omiso de ellas.

Según la O.M.S. en 1953 los valores internacionales tolerables y excesivos a los cuales el agua es sensible al deterioro son los siguientes:

Tabla No.1.

	Valor tolerable	Valor excesivo
Materias sólidas totales	500 mg/l	1500 mg/l
Color	5 unidades	50 unidades

Turbiedad	5 unidades	25 unidades
Sabor	Aceptable	-
Olor	Aceptable	-
Hierro (Fe)	0,3 mg/l	1 mg/l
Manganeso (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
Cobre (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
Zinc (Zn)	5,0 mg/l	15 mg/l
Calcio (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnesio (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
	Valor tolerable	Valor excesivo
Sulfatos (SO_4)	200 mg/l	400 mg/l
Cloruros (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH	7,0 -8,5	Menos de 6,5 o más de 9,2
Sulfato de sodio más (Mg).	500 mg/l	1000 mg/l
Compuestos fenólicos	0,001 mg/l	0,002 mg/l
REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR (*)
Amoníaco	N	1,0

Arsénico	As	0,05
Bario	Ba	1,0
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN-	0,2
Cloruros	Cl-	250,0
Compuestos Fenólicos	Fenol	0,002
Cromo	Cr6+	0,05
Difenil Policlorados	Concentración de Agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0,002
Nitratos	N	10,0
Nitritos	N	1,0
Plata	Ag	0,05
Plomo	Pb	0,05
Selenio	Se	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0,5
Coliformes Totales	NMP	20.000 microorg./100 ml
Coliformes Fecales	NMP	2.000 microorg./100 ml

En muchos países del mundo esta vigilancia de la calidad del agua de consumo no se le da el seguimiento requerido. Tomemos como ejemplo los países pobres del tercer

mundo donde mueren millones de personas, principalmente niños, a causa de enfermedades de transmisión hídrica, lo que demuestra que a este grupo de personas se les ha hecho imposible poner en práctica las orientaciones para la seguridad hídrica que brinda la (O. M. S.).

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 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN.

Para realizar la estimación de la población deben recolectarse los datos demográficos, censos disponibles de suscripciones de sistema de abasto y otros servicios públicos de la localidad o localidades similares. Con base de los datos anteriores deben obtenerse los parámetros que determinen el crecimiento de la población y el estado actual de los servicios. **R. C. Colombia (1998).**

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, **Rossíé 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. Para la investigación el periodo de diseño utilizado es de 25 años.

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 **Rossíé 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:

$P_f = P_a (1 + r)^n$ 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 **Rossíé y colaboradores (2001)**, para el cálculo de la población deben tenerse en cuenta tanto la población real, como la población equivalente, es decir cuanto representa en caudal Q de una industria en población, por lo que la población total será igual a población real + población equivalente, que en términos de caudales puede expresarse como: $Q_{total} = Q_{real} + Q_{equi}$

1.7 CONSUMOS.

Según la norma Cubana del 2007 que sustituye la NC 53-91: 1983 Determinación de la demanda de Agua Potable en Poblaciones plantea que:

La dotación es el volumen medio probable de consumo de agua de una población por habitante, que todo acueducto eficiente debe suministrar durante las 24 hrs del día y con una presión adecuada, expresadas en litros por habitantes al día (L/ hab.d). El índice de consumo general o dotación total para una comunidad puede hallarse por el cociente del consumo total anual de todas las actividades entre la población servida, llevada a (L/ hab.d.). El valor así obtenido incluye los volúmenes de agua correspondientes a las pérdidas, que no son realmente utilizados por la comunidad.

Luego
$$\text{dotación} = \frac{\text{consumo.anual}}{365.Población} \text{ en L/ hab.día}$$

Por lo que se puede obtener una demanda media de la comunidad utilizando la siguiente expresión:

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

Por otra parte **Rossí y colaboradores (2001)** definen el consumo, como el volumen total de agua que se utiliza en una comunidad determinada.

El consumo del agua también cambia de acuerdo a las estaciones del año, los diferentes días de la semana y las horas del día.

En el verano existe un aumento en el consumo de este líquido, esto se debe a las altas temperaturas que se registran en este periodo del año, en nuestro país existen dos horarios en que el consumo aumenta y estos son entre: once y una del día y otro entre las seis y las ocho de la noche. Mientras menor es la comunidad, más variable es la demanda de agua, cuanto mas corto es el período de flujo considerado, mayor es la desviación del consumo promedio. **Rojas (1977).**

El CMD y el CMH se calculan de la siguiente forma:

El $CMD = CPD \times K1$ ----- (con este valor se diseña la conductora)

El $CMH = CMD \times k2$ ----- (con este valor se diseña inicialmente la red de distribución).

Como se puede apreciar el $C M H = C P D \times k_1 \times k_2$, donde k_1 y k_2 son coeficientes de regularidad; según. **Rojas (1977)**. $k_1=1,40$ y $k_2 =1,80$ y **Rossié y colaboradores (2001)** plantean que estos si la fuente de abasto lo permiten se recomiendan tomar un único coeficiente de regularidad cuyos valores oscilan entre 1,7 y 2,8. Según **Martínez (2001)** donde los coeficientes K_1 y K_2 son mayores que la unidad y reflejan, respectivamente, la proporción entre las demandas promedio y máxima diaria y entre ésta y la máxima horaria. Aunque la demanda realmente se satisface a lo largo de las tuberías de la red – servicio en ruta – para facilitar los cálculos hidráulicos esa demanda se supone concentrada en los nodos de la red. De esta manera, se determina la cantidad de habitantes que se asocia a cada nodo de la red y, con ella, el valor de DPD y MDH en cada nodo.

1.8 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 (WaterSupply and WaterResourcesDivision of the U.S. EnvironmentalProtectionAgency'sNationalRiskManagement ResearchLaboratory) 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 ha 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 entodas 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 Echevarria” (CUJAE), y el Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente.

1.9 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.

Capítulo II. Descripción del Sistema Tecnológico de la zona La Asunción –Playa Norte.

Un sistema tecnológico no es más que el conjunto de instalaciones y dispositivos que tiene como función garantizar el suministro de agua potable a consumidores económicos o sociales.

Las redes de la zona La Asunción-Playa Norte se abastecen del sistema de Acueducto por gravedad Duaba. Su obra de captación está ubicada en los límites de la finca **La delicia** en la cota 57 con un caudal total autorizado de 200 L/s. Sus redes están rehabilitadas todas de PAD con su respectivas Válvulas y Ventosas en conductora, el mismo están diseñadas para abastecer a más de 30069 Habitantes y representa el principal suministrador de agua potable de la población.

1.1 Fuente de abasto.

La fuente de abasto será el río Duaba ubicado en el municipio de Baracoa, por sus particularidades de ser un río caudaloso, gestiona sin problemas el consumo máximo diario que demanda la Ciudad de Baracoa (200 L/s). Este acueducto cuenta con una planta potabilizadora en los altos de Mabujabo, con una capacidad de procesamiento de 104 l/s. El Sistema a gravedad cuenta con 2 Tanques de Distribución principales: uno localizado en los altos del Paraíso con una capacidad de 1000 L/s y el otro ubicado en Mabujabo de 4000 L/s”, desde donde salen las principales conductoras de este sistema hacia la ciudad.

1.2 Conductora:

La conductora sale de la obra de toma que esta construida en el río Duaba, la misma conduce un gasto de 200 L/s, los primeros 5 Km son de 630 mm de diámetro y los restantes hasta llegar al tanque construido de 560 mm, ambos de PEAD.

1.3 Obra de toma.

Descripción de la obra:

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.

Composición de la obra.

La obra de captación como se mencionó anteriormente, consiste en una bocatoma lateral ubicada en la margen derecha del río Duaba. 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.

1.4 Planta Potabilizadora: (buscar) planta potabilizadora compacta.

1.4.1. 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.

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

Tabla No.2.

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 tritimétrico 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

		s	múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes
*E.Coli	Escherichia Coli	PA 26 Procedimiento analítico para el ensayo de EscherichiaColi	Determinación del Número Más Probable de EscherichiaColi 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.

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	SD T
	7.62	<15	1.05	14	16	16	19	<3.1	0	120	51
Valor de incertidumbre (U)	± 0.3%	-	-	± 1.9 %	± 2.0 %	± 2.0 %	± 2.1 %	± 11.4 %	± 11.4 %	± 2.1%	-

1.5. Estación de bombeo.(como trabajan el equipo de bombeo)

La estación de bombeo consta de 4 equipos,2 trabajando en un buen funcionamiento y otras 2 de reservas.Para la zona baja se dispondrá de un equipo de 21 L/s con 35 m de

carga y para la zona alta uno de 8 L/s y 85 m de carga, a ambas cuentan con una ventosa trifuncional \varnothing 80 mm a la salida de la estación para amortiguar el golpe de ariete que pueda producirse ya que en esta parte se producen presiones muy altas.

1.6. Tanque Distribuidor de la zona.

Para la distribución del agua en la zona se cuenta con 2 tanques, el de la planta potabilizadora con volumen de 4000 m³ el cual está apoyado de forma rectangular y de hormigón armado y está situado en cota de fondo 52 m; de él salen 300 L/s por una conductora de 630 mm de PAD, y es abastecido por el acueducto Duaba Gravedad. Este depósito es el encargado de abastecer a la planta potabilizadora que se encuentra en un área aledaña a este, y de alimentar 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 el cual abastece el dicha zona, este último se llena en horario de menor consumo y la conexión se encuentra en la intersección de las calles Calixto García y Coroneles Galano.



Figura 1 Tanque Planta Potabilizadora.

1.7 Características de las redes:

Redes Comunidad El Paraíso.

El servicio de agua es a través del bombeo que toma directamente de la tubería maestra de HoFo, Ø 750 mm a los usuarios que pertenecen a la comunidad **El Paraíso**; por las características geográficas que presenta el asentamiento este está dividido en dos zonas, una alta y otra baja.

Las redes están compuestas por tuberías nuevas de PEAD, de Ø 90 mm (2594 m PN 6 atm.), Ø 110 mm (778 m PN 6 atm y 512 m PN 8 atm) y Ø 160 mm (166 m PN 6 atm y 166 m PN 10 atm) para una longitud total de **4216 m**.

Redes Casco Histórico.

El Casco Histórico comprende las siguientes calles: desde la calle Raúl Cepero Bonilla hasta la Punta y desde el Malecón hasta la calle Paraíso.

Las redes están compuestas por tuberías nuevas de PEAD, PN 6 atm, de Ø 90 mm (16 316 m), Ø 110 mm (2326 m), Ø 160 mm (546 m), Ø 200 mm (3586 m), Ø 250 mm (281 m) y Ø 315 mm (871 m) para una longitud total de estas de **23 926 m**.

Las tuberías se encuentran soterradas en una zanja de 0.86 – 1.02 m de profundidad y ancho de 0.22 – 0.62 m, colocadas sobre un colchón de arena de 0.10 m de espesor.

Las tuberías están en buen estado siendo de PEAD de 750 mm de diámetro que sale del tanque existente de 1000 m³.

Las tuberías principales Ø 200, 250 y 315 mm alimentan a las secundarias de Ø 110 y 160 mm y estas a las de relleno de Ø 90 mm.

Las válvulas de cierre de Ø 80, 100 y 150 mm están protegidas en un registro telescópico. Existen 12 hidrantes y 3 registros pitométricos.

Redes Playa

La tubería principal que alimenta a las redes esta conectada a la tubería de salida del tanque, la misma será de PEAD, PN 6 atm de diámetro de 315 mm con una longitud total desde el tanque hasta la intersección de las calles 1ro Abril, Mariana Grajales y 10 de Octubre de 3156 m.

Las redes estan compuestas por las tuberías nuevas de PEAD de Ø 90 mm (11775 m PN 6 atm), Ø 110 mm (565 m PN 6 atm), Ø 160 mm (3272 m PN 6 atm) y Ø 200 mm (916 m PN 6 atm).

1.8 Acometidas.

Las acometidas serán de PEAD Ø 16, 20, 25, 50 mm para un total de **48 430 m** considerándose una longitud promedio de 10 m por usuario. Las mismas están soterradas en una zanja de 0.4 – 0.7 m de profundidad y 0.05 – 0.11 m de ancho.

1.9. Ciclo de Entrega.

Para poder establecer un ciclo de entrega cada 24 horas fue necesario realizar un análisis técnico del sistema de abasto, donde se debe tener en cuenta determinados parámetros para el buen funcionamiento de la red, tales como:

- Números de habitantes de la zona.
- Cantidad de agua normada o dotación que necesita una persona diariamente.
- Centros estatales que radican en dicha zona.

Además se tuvo en cuenta las demandas establecidas en la Resolución 45-91 INRH; teniendo en cuenta la cantidad de habitantes.

1.10. Inventario Físico por Tipo de Usuario. Cálculo de las Demandas de Explotación

Durante el tiempo de información del presente trabajo se llevó a cabo un levantamiento de los usuarios de la zona, con el objetivo de conocer la cantidad total de usuarios del área en estudio y los CDR existentes. Para conocer la cantidad de usuarios de cada uno de los CDR, se contó con la ayuda del presidente de cada uno de ellos, fueron

consultados los libros de registros de dirección correspondiente a los mismos, Delegado, coordinadora y vecinos de la zona, también se contó con la ayuda de estudiantes de 1 er año de la carrera de ingeniería hidráulica en su Trabajo Socialmente Útil (TSU). También fue necesario conocer las diferentes entidades económicas y socio-culturales que existen en la zona, como son: fábricas, oficinas, cafeterías etc. En este caso para conocer la cantidad de usuarios de cada institución u organismo se conversó con la dirección o la secretaria de cada centro donde se brindó una amplia información acerca del número de trabajadores y de usuarios que asisten o acuden a estas instituciones. Esta actividad también se hizo posible con la ayuda de trabajadores de planificación física de Baracoa y del Consejo Popular donde se pudo encontrar bastante información al respecto. Como resultado de esta investigación se obtuvo la cantidad de los habitantes del área con un total de 14133 personas y 42 entidades económicas, socio-culturales, y asistenciales. Luego se pasó a la clasificación por tipo de usuarios, teniendo en cuenta el tipo de inmueble, cantidad de estos y las normas de consumo de agua por usuarios según lo establecido en la Resolución 45-91 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulico (INRH). La misma brinda normativas de consumo por cada tipo de usuarios.

1.11. Gestión de Operación de las Redes del Sistema Circuito Hidrométrico La Asunción-Playa Norte

Premisas y principios generales para la operación del sistema:

Para que la gestión de operación sea adecuada, es un importante requisito el cumplimiento de las siguientes premisas y principios de carácter obligatorio por parte del personal responsabilizado:

- 1) Los límites del Circuito Hidrométrico La Asunción-Playa Norte son inamovibles.
- 2) Las válvulas instaladas en los límites del circuito hidrométrico 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 del circuito hidrométrico.

4) En condiciones normales de operación las dotaciones a entregar serán de 240

l.p.p.d. y con coeficientes de irregularidad diaria y horaria de 1,55 y 1,69 respectivamente acorde con la norma cubana en proceso de aprobación.

5) La capacitación sistemática y el aprendizaje permanente constituirán los pilares básicos para alcanzar una gestión técnico-económica adecuada.

**CAPITULO III. CÁLCULO,
MEDICIONES Y RESULTADOS
OBTENIDOS.**

1. Metodología para el Cálculo de Usuarios y Demandas Metodología para el cálculo de las demandas.

Para el cálculo de la demanda se utilizó el método de las fórmulas estadísticas. Para ello se emplearon las siguientes fórmulas:

$$Q_p = \text{Dotación} \times \text{habitantes} = 39.26 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = Q_p \times K_1 \text{ (consumo o gasto máximo diario)} = 64.49 \text{ L/s}$$

$$Q_{mh} = Q_{md} \times K_2 \text{ (consumo o gasto máximo horario)}. = 109.76 \text{ L/s}$$

Tabla No.3. Dotación en L/hab/d (NC: 973: 2013).

Tamaño de la población en miles de personas	Según el uso				
	Doméstico	Comercial y público	Industrias locales	Propio del sistema	Total
Menos de 2,0	130	20	3	2	155
2,0—10,0	145	55	7	3	210
10,0—25,0	165	62	8	5	240
25,0—50,0	175	77	8	5	265
50,0—100,0	185	90	9	6	290
100—250,0	195	95	20	10	320
250—500,0	205	105	25	10	345
Más — 500	210	110	30	10	360

Tabla No.4. Coeficientes de irregularidad

Tamaño de la población en miles de personas	Coeficientes de irregularidad		
	Diario (K_1)	Horario(K_2)	Max. horario(K_h)
Menos de 2,0	1,65	1,90	3,14
2,0—10,0	1,60	1,80	2,88

10,0—25,0	1,55	1,69	2,63
25,0—50,0	1,50	1,63	2,45
50,0—100,0	1,45	1,58	2,30
100,0—250,0	1,35	1,58	2,13
250,0—500,0	1,30	1,57	2,04
Mas — 500.0	1,25	1,56	1,95

1.2 Levantamiento de los Parámetros Físicos de la Red y Estado Técnico.

3.3 USUARIOS, NORMAS Y VOLÚMENES.

Para el análisis técnico de un sistema de abasto se debe tener en cuenta determinados parámetros para el buen funcionamiento de la red, tales como:

- Números de habitantes de la zona.
- Cantidad de agua normada o dotación que necesita una persona diariamente.
- Centros estatales que radican en dicha zona.

Para determinar las demandas se tuvo en cuenta una dotación, de acuerdo con la Norma Cubana (NC 53-91/83) para sistemas en explotación, donde está determinada la demanda de agua potable en poblaciones. La zona en estudio cuenta con 42 000 habitantes, esto trae como consecuencia que la demanda sea de 200 L/s.

Muchos de estos datos fueron tomados del Instituto de Planificación Física.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Bao, Y., and Mays, L. W. (1990). "Model for water distribution system reliability." J. Hydr. Engrg., ASCE, 116(9)
2. Bouchart, F., and Goulter, I. (1991). "Reliability improvements in design of water distribution networks recognizing valve location." Water Resour Res., 27(12).).
3. Brown R. M y Mclelland .N.I. "A water quality index, crashing the psicological barrier and water pollot".International Conference. Jerusalen. 1972.
4. Driggs Ocampo, Alaín. Gestión de Operación del Acueducto de Holguín en la Zona Este. Trabajo de Diploma. Universidad de Oriente, 2006.
5. Del Puerto Quintana, Juan y otros autores. "Aplicación de la Computación a la Vigilancia del Agua de Consumo". XXIII Congreso Interamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana. Cuba. 1992.
6. Fornaguera Vázquez, Marlene. "Algunas Consideraciones Sobre Tecnología Apropiada en Abasto de Agua y Saneamiento con Participación comunitaria. Rev. Ingeniería Hidráulica No 1 /1999.
7. Pentecost, Frank C., "Desing Guidelines for Distribution Systems," Journal American Water Work Association, June, (1974)
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. García J.M. y Gutiérrez DL. "Índices de Calidad del Agua". XXIII Congreso Interamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana. Cuba. 1992.
10. GEMS / AGUA. "Medidas Hidrológicas. Proyecto PNUMA / OMS / UNESCO, Sobre el Control Mundial de la Calidad del Agua. Guía Operativa. 1985.
11. González Trujillo, Mayelín. Estudio Técnico de la Red de Abasto de Agua Potable a la Zona del Litoral. Trabajo de Diploma. Universidad de Oriente, 1998.
12. Jacobs, P., and Goulter, I. (1991). "Estimation of maximum cut-set size for water network failure." J. Water Resour. Plng. and Mgrnt., ASCE, 117(5),.
13. Lansey, K. E., and Mays, L. W. (1989). "Optimization model for water distribution system design." J. Hydr Engrg., ASCE, 115(10).
14. Martínez Rodríguez, José Bienvenido: "El Concepto de Garantía en las Redes de Suministro de Agua Potable". V Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Pinar del Río. Cuba .2001
15. Morgan. D. R y Goulter. I. C. "Optimal urban water distribution deugn". Water resour 21(5).
16. Pérez Franco, Diosdado. Introducción al Estudio de los Sistemas de Tuberías. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación, 1986..
17. Pérez Hernández, Onell. Díaz Rodríguez, Manuel: Gestión de Operaciones del acueducto # 2 "San Juan" en la Zona del Litoral. V Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Pinar del Río. cuba .2001
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 Río. Cuba .2001.
19. Pérez Hernández, Onell. y Díaz Rodríguez, Manuel: Gestión de Operaciones del acueducto # 2 "San Juan" en la Zona del Litoral. V Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Pinar del Río. Cuba .2001.
20. 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.
21. Rojas, José A. "Acueducto". Editora Pueblo y Educación. Habana. Cuba. 1977.

22. Xu, C. and Goulter, I. (1997). "Simulation-based optimal design of reliable water distribution networks." Proc., 3rd Int. Conf. on Modeling and Simulation, A. Zayegh
23. Xu, C. and Goulter, I. (1998). "Probabilistic model for water distribution reliability." J. Water Resour. Plng. and Mgmt., ASCE, 124(4).
24. Woodman, L. "Information Management in Large Organizations." Woodman. London, ASLIB, 1985. Pp.95-114.
25. Documentación extraída de Internet.
26. Normas Cubanas NC 45-91 del INRH
27. Edmund, G. W. y Lanoix, J. N. Abastecimiento de Agua en Zonas Rurales y en Las Pequeñas Comunidades. Rió de Janeiro; Brasil. Pp. 48-251.