

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS  
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES  
INGENIERÍA HIDRAÚLICA.**



# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Evaluación y Diagnóstico de la Tecnología  
instalada en el Acueducto Cayo Santamaría.**

**Autor: Edier Gómez Martínez**

**Tutor: Msc Mirelys Montesino Herrera.**

**Santa Clara**

**2016.**

# Pensamiento:

*“La mejor mano ayudante que jamás recibirás es la que esta  
al final de tu propio brazo”.*

*Fred Dehener.*

# Dedicatoria:

*“.....a quienes amamos eternamente, quienes ven cerca nuestras virtudes y perdonan nuestros excesos; a quienes nos modelan y nos preparan para la verdad, quienes son vigías de nuestros sueños y cómplices de nuestro futuro, a los guías enérgicos y vigorosos, a:*

*Mi madre Esther:*

*Por contribuir con su insustituible e infinito amor a la realización de mis sueños.*

# **Agradecimientos:**

*A mi tutora: Msc Mirelys Montesino Herrera.*

*Por brindarme sus conocimientos y experiencias,  
por brindarme el tiempo que fuese necesario para atender  
las dudas e incertidumbres que tuve durante el desarrollo del trabajo.*

*A mí amada abuela: Esther María.*

*Por su amor y apoyo incondicional.*

*A mi familia.*

*Por depositar tanta confianza en mi éxito.*

*A mi joven novia: Yainelvis Daniela.*

*Por brindarme su amor y darme aliento en momentos difíciles.*

*Al Ing. Alberto Revuelta y a los trabajadores  
de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Cayo Santamaría.*

*Por la frase: '' ¡para lo que te haga falta aquí estamos!''.*

*Por la experiencia transmitida a este joven estudiante.*

*A los muchachos del cuarto 101-B del edificio C-3.*

*Por ser mis semejantes y compartir el apoyo espiritual que nos une.*

*A mis amigos y compañeros.*

*A la Revolución*

*Por permitirme que me forje como profesional.*

# Resumen:

Para dar cumplimiento al ejercicio final a modo de Trabajo de Diploma para la Carrera de Ingeniería Hidráulica se realizó la presente investigación. Partiendo como objeto de estudio de la Evaluación y Diagnóstico de la Tecnología instalada en el Acueducto Cayo Santa María con sus objetos de obra correspondientes: estaciones de bombeo y rebombeo, conductora principal y redes de distribución, tanques de regulación, con el objetivo de evaluar la tecnología instalada actualmente y proponer el equipamiento tecnológico más propicio para la explotación eficiente del sistema de abasto, así como la propuesta de soluciones para futuras intervenciones técnicas de reparación y mantenimiento.

# Índice:

<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo 1: Caracterización de los Recursos Hídricos y Abastecimiento de Agua</b>	<b>13</b>
1.1 Recursos Hídricos: Generalidades	13
1.2 Manejo de los Recursos Hídricos	14
1.2.1 Fuentes de Agua	15
1.2.2 Breve caracterización de los recursos hídricos en Cuba	17
1.3 Declaración de la Política Nacional del agua y sus principios rectores	18
1.4 Abastecimiento de agua	20
1.5 Caracterización de los elementos de una red de distribución	28
1.5.1 Bombeo	28
1.5.2 Depósitos	32
1.5.3 Tuberías	34
1.5.4 Tipos de válvulas	35
1.5.5 Puntos de consumo de agua	37
Conclusiones Parciales del capítulo	38
<b>Capítulo 2: Evaluación de la tecnología instalada en el Acueducto Cayo Santa María</b>	<b>39</b>
2.1 Introducción	39
2.2 Estado y descripción de los diferentes objetos de obra existentes que forman parte del sistema de abasto del Cayo Santa María	40
2.2.1 Estación de bombeo Fuente N° 1 “Dolores”	40
2.2.2 Estación de bombeo Fuente N° 2 “El Caney”	44
2.2.3 Conductora principal y redes de distribución	49

2.2.4 Estación de rebombeo “Cayo las Brujas”	52
2.2.5 Tanques de regulación	55
Conclusiones Parciales del capítulo	60
<b>Capítulo3: Propuestas y mejoras</b>	<b>61</b>
3.1 Introducción	61
3.2 Propuesta de soluciones técnicas	61
3.3 Sectorización del sistema de abasto Cayo Santa María	64
3.4 Automatización del sistema de abasto Cayo Santa María	68
3.4.1 Sistema de Instrumentación y Control del Proceso de Automatización en los Objetos de Obra	72
3.4.2 Tecnología Propuesta	74
Conclusiones Parciales de capítulo	75
<b>Conclusiones</b>	<b>76</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>77</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>78</b>
<b>Anexos</b>	<b>79</b>

# Introducción:

## **Situación problemática:**

El acelerado crecimiento del turismo a partir de la puesta en explotación de nuevas capacidades hoteleras y de servicio, comienza a ejercer una fuerte presión sobre la necesidad de asegurar el servicio de abasto de agua para las actividades de construcción y la explotación de las capacidades hoteleras que contemplan el programa de desarrollo de la Cayería Norte de Villa Clara, lo que trae implícito implementar un proceso de mejora de la red técnica de abasto de agua.

Esta necesidad fue abordada por el Plan de Ordenamiento Territorial de la Cayería Norte de Villa Clara, aprobado por el Comité Ejecutivo de Consejo de Ministro en el año 2004 y reanalizado posteriormente durante los estudios de actualización del mismo efectuados entre los años 2005 y 2010. Recientemente ha sido objeto de revisión y forma parte de la estrategia diseñada por el INRH de Villa Clara, por tal motivo se considera que la inversión es compatible con el ordenamiento previsto y constituye una obra de prioridad para dar respuesta a la demanda creciente de desarrollo.

## **Objeto de estudio:**

Diagnóstico y Evaluación de la Tecnología instalada en el Acueducto Cayo Santa María.

## **Hipótesis de la investigación:**

Mediante la revisión y estudio de proyectos en sus diferentes etapas se evaluará la factibilidad del Diagnóstico y Evaluación de la Tecnología instalada en el Acueducto Cayo Santa María llegando a obtener un documento de gran beneficio para las entidades que participan en el funcionamiento eficiente del sistema.

## **Objetivo General:**

Evaluación de la tecnología instalada en la red de acueducto de Cayo Santa María y propuesta de equipamiento para la explotación eficiente del sistema.

**Objetivos Específicos:**

1- Se pretende evaluar la tecnología instalada en las dos estaciones de bombeo, La Fuente y El Caney, en la estación de rebombeo de Cayo "Las Brujas", la Conductora Principal y los Tanques de regulación.

2- Proponer el equipamiento para la explotación eficiente del sistema.

**Tareas investigativas:**

-Búsqueda de Información mediante las redes accesibles.

-Estudio de las fuentes bibliográficas suministradas por los tutores y las entidades interesadas.

-Revisión de la tecnología de diseño con respecto a la que se encuentra en explotación.

-Visita a las fuentes de abasto y estaciones de bombeo.

-Propuesta del equipamiento y la tecnología para la explotación eficiente del sistema.

**Aportes Científicos:**

-La evaluación y estudio de la temática relacionada con la necesidad de asegurar el servicio de abasto de agua para las actividades de construcción y la explotación de las capacidades hoteleras que contemplan el programa de desarrollo de la Cayería Norte de Villa Clara.

-Exposición de nuevas propuestas tecnológicas para el óptimo funcionamiento del sistema del acueducto Cayo Santa María.

**Valor Práctico:**

-Se cuenta con un documento que debe contener la información necesaria sobre la tecnología instalada en la red del sistema de abasto a la Cayería Norte, así como la propuesta de equipamiento que proporcione el mejor funcionamiento del sistema

-Se tendrá información que servirá como consulta a entidades interesadas en la temática tal como la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Cayo Santa María.

### **Valor Científico Investigativo:**

El trabajo presenta un valor científico investigativo en el hecho de que a partir de la evaluación y estudio de la tecnología utilizada constituye una verdadera fuente de información para futuros proyectos de mejora de las redes de abasto de agua a la Cayería Norte de Villa Clara.

### **Tarea Científica:**

#### **Etapa I:**

- Definición del problema de estudio.
- Planteamiento de hipótesis y definición de objetivos.
- Recopilación de bibliografía preliminar.
- Búsqueda en internet y otras fuentes de información.
- Redacción del capítulo 1.

#### **Etapa II:**

- Visitas a las estaciones de bombeo de La Fuente y El Caney para obtener información directa de las fuentes de abasto.
- Visita la estación de rebombeo de Las Brujas.
- Redacción del capítulo 2.

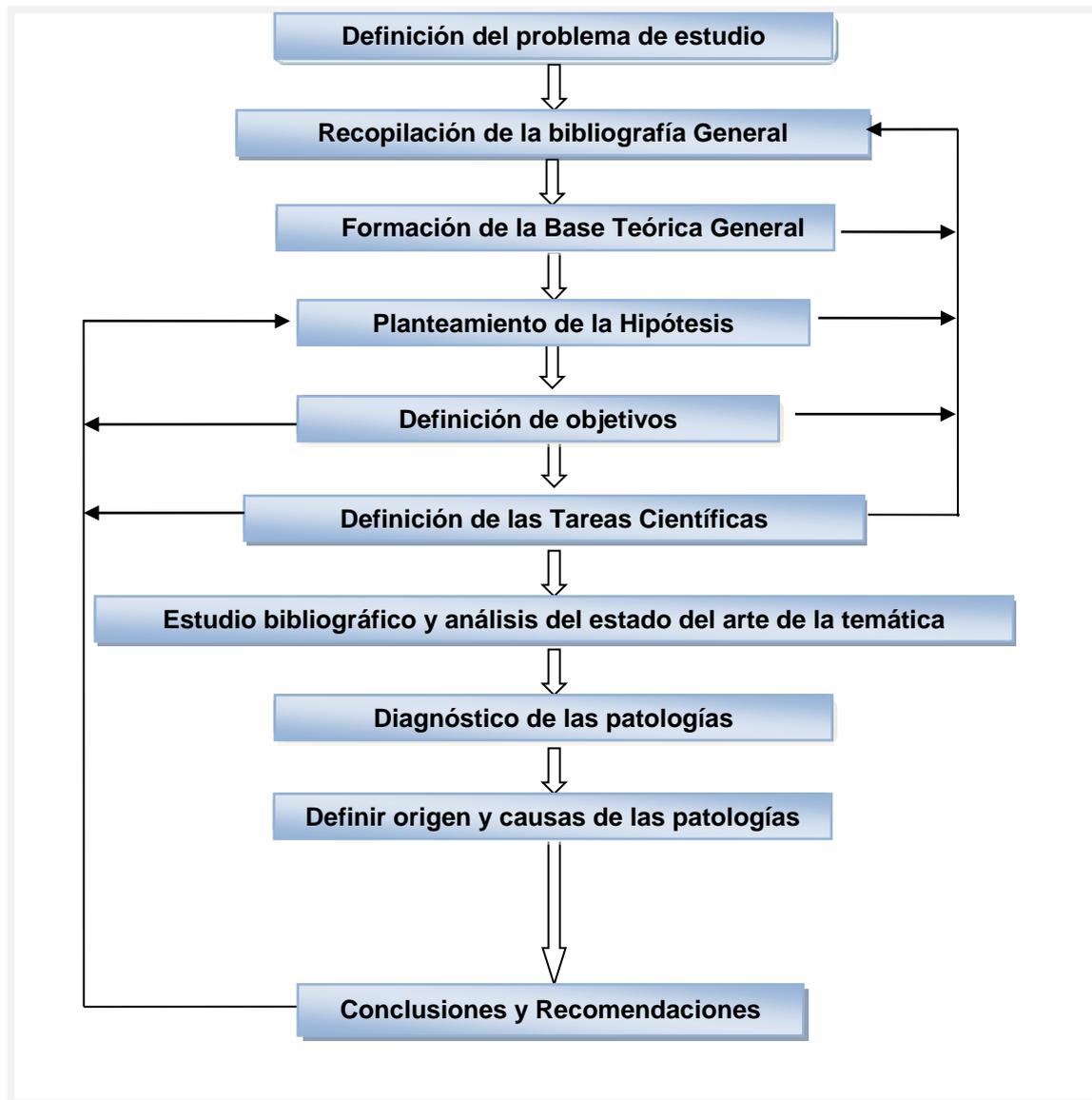
#### **Etapa III:**

- Análisis y procesamiento de resultados
- Redacción del capítulo 3.
- Conclusiones y recomendaciones.

### **Resultados Esperados:**

- Proponer con el desarrollo del proceso investigativo un procedimiento que logre dar soluciones a problemas de funcionamiento del sistema de agua en análisis.
- Aportar nuevos criterios en el campo de la evaluación de proyectos aplicados a la mejora del Acueducto Cayo Santa María.
- Gran eficiencia en el funcionamiento y explotación del sistema como resultado de la propuesta del equipamiento a utilizar.

## Metodología general de investigación:



# Capítulo 1: Caracterización de los Recursos Hídricos y Abastecimiento de Agua.

## 1.1 Recursos Hídricos: Generalidades.

El consumo mundial del agua presenta un ritmo dos veces mayor que el del crecimiento de la población humana. El caudal de agua dulce no alcanza ni la mitad de un uno por ciento de toda el agua de la tierra. Lo demás es agua salada, o forma parte de los hielos polares. **(Barlow, 2006)**

El agua dulce únicamente se renueva por la lluvia, que cae a un ritmo de 40.000 a 50.000 kilómetros cúbicos al año. Pero debido a la congestión de las grandes urbes, a la deforestación, al desvío de las aguas por necesidades de irrigación agrícola, hasta esta ínfima parte de agua dulce está desapareciendo a la par que se va secando la superficie de la tierra; a este ritmo, el agua de todas las cuencas de los ríos de todos los continentes irá agotándose de manera ininterrumpida. **(Maureen Ballester, Marzo 2005)**

Según las Naciones Unidas, el agua potable ya escasea para mil millones de personas. De seguir así, de aquí al año 2025, la demanda de agua dulce llegará a superar la disponible hoy día en un 56 por ciento.

A medida que se va intensificando la crisis del agua, los gobiernos del mundo entero, presionados por las grandes multinacionales, están abogando por una solución radical: la privatización, la reificación y el desvío masivo de las aguas. Los partidarios de este sistema opinan que esta sería la única manera de poder abastecer a los lugares del mundo donde se padece sed. Sabemos por experiencia que la venta del agua en un mercado abierto no sirve para colmar las necesidades de los pobres y sedientos. Muy al contrario, el agua privatizada termina en manos de quienes pueden pagar por ella, tales como las personas y ciudades pudientes, y las industrias que hacen un uso intensivo del agua, entre las que cabe mencionar la agricultura y la alta tecnología.

Mientras tanto, el futuro de uno de los recursos más esenciales a la vida está siendo determinado por personas que se lucran de su explotación y uso excesivo. Con el respaldo del Banco Mundial, un puñado de multinacionales se dedica a acaparar el control de los servicios públicos de abastecimiento de agua en los países en desarrollo, disparando los precios en detrimento de los habitantes y sacando partido

de la desesperación con la cual el tercer mundo busca resolver sus problemas de escasez. Las intenciones son clarísimas: el agua debe de ser tratada como cualquier otra mercancía, y su uso debe ir conformado por los principios que rigen el mercado. Creemos que este recurso vital no debe convertirse en una mercancía que se pretende vender al mejor postor, y que el acceso al agua potable para cubrir nuestras primeras necesidades constituye un derecho humano fundamental. Cada generación debe cerciorarse que sus actividades no empobrezcan la abundancia y la calidad del agua. No se puede escatimar esfuerzos para restablecer la salud de los ecosistemas acuáticos que ya están deteriorados, ni para proteger a los que aún no han sufrido daños.

Ante todo es menester proceder a una reestructuración radical de las sociedades y estilos de vida, con el fin de impedir que la superficie de la tierra quede deshidratada, y aprender a convivir con los ecosistemas creados para alimentar la vida en derredor del agua. Y debemos renunciar a la comodísima noción de que podemos usar y abusar impunemente de los preciados recursos acuáticos del mundo, ya que de alguna manera la tecnología terminará por aportar soluciones.

**(Barlow 2006)**

Muchos países de **América Latina y el Caribe** se encuentran en proceso de elaboración de nuevas leyes de aguas o de modificación de las existentes. Uno de los temas centrales, y que ha sido fuente de importantes controversias en los debates que se están realizando para avanzar en este proceso de reformas, es el diseño institucional del sistema administrativo de gestión del agua; es decir, de la estructura administrativa que debe tener el Estado para la aplicación de la legislación hídrica vigente, la evaluación de los recursos hídricos, la formulación de políticas públicas de estos recursos, la asignación del agua, el control de la contaminación hídrica, la coordinación de uso múltiple del agua, la resolución de conflictos por el uso del recurso y la fiscalización de los aprovechamientos. **(Maureen Ballesterio Marzo 2005)**

## **1.2 Manejo de los Recursos Hídricos.**

Los recursos hídricos de un país se evalúan a partir de sus cuencas naturales, considerando como partes interrelacionadas las reservas visibles (pantanos, lagos), las invisibles (aguas freáticas) y el sistema de drenaje (ríos) de cada cuenca.

Mediante la medida del caudal de los ríos (limnógrafo) y la de los sólidos en suspensión en sus aguas, complementada con datos meteorológicos y geológicos, se conocen tanto los recursos totales de una cuenca y sus fluctuaciones, como la tasa de denudación de la misma (riesgo de relleno de pantanos). Tal es la base de una regulación hídrica integral (pantanos para contener crecidas, regular el caudal de los ríos o favorecer la recarga de acuíferos; canalización de ríos; prevención de la erosión; corrección de obras públicas que puedan alterar el drenaje natural; etc.).(Valle 2005)

La estimación de la demanda de agua, de su distribución territorial (unidad hidrométrica) y sectorial, y de las características de las aguas usadas constituye la segunda vertiente de la gestión de recursos hídricos, cuyos objetivos, hoy por hoy, suelen ser garantizar el abastecimiento y evitar que los efluentes contaminen las reservas.(Valle 2005)

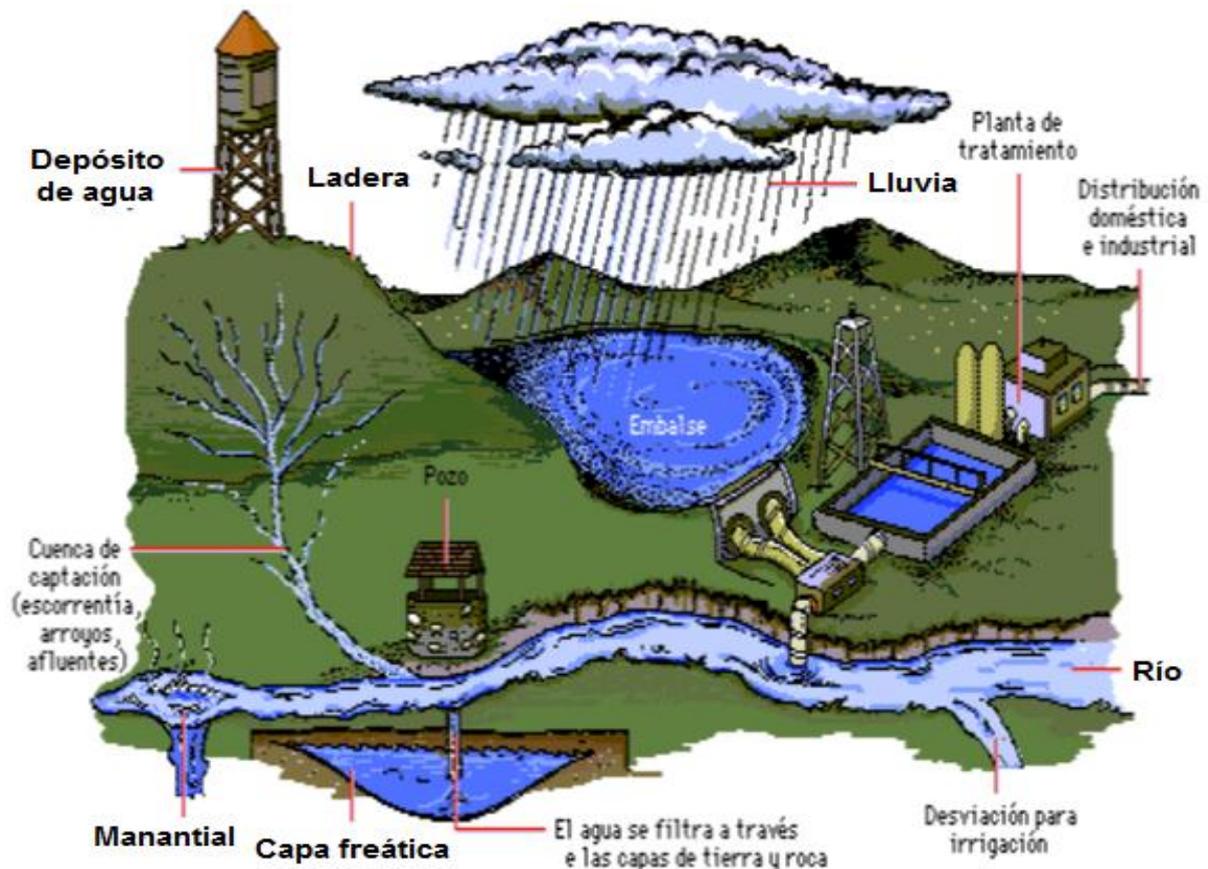
### **1.2.1 Fuentes de Agua.**

La fuente esencial del agua potable es la lluvia, utilizada en pocas ocasiones como fuente directa, excepto en islas rodeadas de agua salada, como las Bermudas, donde el agua de lluvia se recoge en cisternas que constituyen la única fuente de aprovisionamiento. Cuando llueve en abundancia, el agua corre por arroyos, y cuando llueve con menos intensidad, se filtra en el suelo a través de los estratos porosos hasta encontrar un estrato impermeable en el que el agua se acumula, formando depósitos subterráneos. (Valle 2005)

El agua subterránea alimenta fuentes y manantiales, que a su vez proporcionan agua a ríos, arroyos y lagos. En su discurrir, el agua subterránea disuelve minerales solubles, y a menudo las aguas superficiales de lagos y ríos está contaminada por desechos industriales y actividades de depuración. En los modernos sistemas de abastecimiento de aguas, suelen convertirse cuencas enteras en reservas para controlar la contaminación. Las aguas son embalsadas mediante un sistema de presas, y conducidas a las redes de distribución local por la fuerza de la gravedad o con ayuda de bombas.(Valle 2005)

La calidad del agua de estas fuentes varía considerablemente. Las aguas superficiales suelen ser más turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en

disolución. El agua de mar contiene altas concentraciones de productos químicos disueltos y algunos microorganismos. Al ser tan variada la calidad del agua, dependiendo de la fuente de obtención, las compañías suministradoras y las autoridades han de cumplir con ciertos requisitos para el agua potable establecidos por las normativas de la Organización Mundial de la Salud.(Valle 2005)



**Figura 1.**Esquema general de fuentes de agua.

### **Agua subterránea.**

Es el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Se encuentra en el interior de poros entre partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. En las regiones árticas el agua subterránea puede helarse. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona. El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante miles o millones de años. No obstante, la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un tercio de un uno por ciento del agua de la tierra,

es decir unas 20 veces más que el total de las aguas superficiales de todos los continentes e islas. **(Valle 2005)**

**El agua subterránea es de esencial importancia para la civilización porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos**

El agua subterránea puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando no hay escasez, el agua subterránea es preferible porque no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos. La movilidad del agua subterránea depende del tipo de rocas subterráneas en cada lugar dado. Las capas permeables saturadas capaces de aportar un suministro útil de agua son conocidas como **acuíferos. (Valle 2005)**

**Acuífero:** En hidrología, es la capa porosa de roca capaz de almacenar, filtrar y liberar agua. La capa de roca (o estrato) contiene muchos poros que, cuando se conectan, forman una red que permite el movimiento del agua a través de la roca. Si el acuífero se dispone sobre un nivel de roca impermeable, el agua no pasará a niveles inferiores desplazándose lateralmente. Los acuíferos más comunes se encuentran en arenisca y piedra caliza. **(Valle 2005)**

### **1.2.2 Breve caracterización de los recursos hídricos en Cuba.**

La lluvia es la única fuente de alimentación de nuestros recursos hídricos. De los 1 375 mm que precipitan como promedio, anualmente, el 80% cae durante el período lluvioso (mayo a octubre). Antes del triunfo revolucionario de 1959, la infraestructura hidráulica era insuficiente para soportar la Estructura económica y poblacional de la Isla. Hasta 1958, sólo se habían construido trece obras hidráulicas (incluidas pequeñas presas y micropresas) con una capacidad total de 48 millones de m<sup>3</sup> de agua, destinada al abasto de la población y a riego de caña de azúcar, fundamentalmente. **(Leiva 2001)**

La “voluntad hidráulica”, proclamada en los primeros años del proceso revolucionario, permitió que al finalizar 1991, el país dispusiera de 216 presas y 786 micropresas, con una capacidad total de 9 672,5 millones de m<sup>3</sup> de agua. De igual modo, las áreas bajo riego pasaron de 162 000 hectáreas en 1958, a 1 062 191 hectáreas en 1959. **(Leiva 2001)**

Especial esfuerzo se realizó en el período 1986-1991, en el cual se construyeron 106 micropresas, 277kilómetros de canales magistrales, 19 900 pozos y fueron beneficiadas 158 356hectáreas de tierra con drenaje ingeniero y/o parcelario, fundamentalmente destinadas a caña de azúcar.**(Leiva 2001)**

Sin embargo, la crisis económica de la década del 90 en Cuba, motivada por el derrumbe del bloque socialista de los países del Este de Europa (con el cual Cuba mantenía el 85% de su mercado) y el injusto y anacrónico recrudescimiento del bloqueo económico por parte del gobierno de Estados Unidos, ha provocado serias afectaciones al desarrollo hidráulico cubano. Por una parte, se detuvo el proceso inversionista en las obras hidráulicas, incluyendo los sistemas de riego y drenaje; y por otra, los recursos financieros no fueron suficientes para darle mantenimiento a los sistemas ya construidos. Por las razones anteriores, de 1991 a 1996, perdieron su valor de uso para regadío unas 191 873.6 hectáreas de tierra, equivalentes al 18.1% del área de riego. Cálculos conservadores indican que para recuperar este 18,1%, el país necesita inversiones en sistemas de riego ascendentes a 80 millones de pesos.**(Leiva 2001)**

Los recursos potenciales de agua en Cuba están estimados en unos 38 139 millones de m<sup>3</sup>. De este volumen potencial, sólo es aprovechable el 63% (23 988 millones de m<sup>3</sup>). De esta cantidad, el 74.9% está constituido por aguas superficiales y el 25.1% restante son aguas subterráneas. Por otra parte, el consumo, que en 1989 ascendía a 7 337 millones de m<sup>3</sup>, había descendido en 1998 a 6 359millones de m<sup>3</sup>, para ascender de nuevo en 1999 a 6 888 millones de m<sup>3</sup>.**(Leiva 2001)**

### **1.3 Declaración de la Política Nacional del agua y sus principios rectores:**

Enmarcado en la política de la Voluntad Hidráulica que permitió el desarrollo de una amplia y extensa infraestructura hidráulica, puede afirmarse que en la actualidad estas obras son la principal garantía para la gestión integrada y sostenible del agua a escala de la sociedad, la economía y el medio ambiente, complementado con el funcionamiento de las redes de monitoreo de la cantidad y la calidad del agua, por tal razón:

**La política nacional del agua** establece, promueve y canaliza a través de sus principios rectores cuatro prioridades estratégicas:

1-El uso racional y productivo del agua disponible.

- 2-El uso eficiente de la infraestructura construida.
- 3-La gestión de riesgos asociados a la calidad del agua.
- 4-La gestión de riesgos asociados a eventos del clima.

### **Principios Rectores de la Política Nacional del Agua:**

#### **A escala de la Sociedad:**

- El agua es renovable, escasa y vulnerable.
- Uso equitativo y derecho común al agua potable y al saneamiento.
- Deber de enfrentar las inundaciones y sequías.

#### **La Economía y la Gestión:**

- El agua es indispensable para el desarrollo.
- Uso eficiente de la infraestructura.
- El agua tiene valor económico, se paga por su uso y derecho.
- Los cobros y ahorros se reinvierten en el sector hídrico.
- El agua en sus múltiples usos tiene prioridades.

#### **El Medio Ambiente:**

- Deber de prevención y reducción de la contaminación del agua.
- Articular la gestión hídrica con la gestión ambiental.
- Articular la gestión hídrica con la gestión territorial.

#### **A escala de la Legislación, la Cultura y las Instituciones:**

- Permisos y concesiones por el uso del agua.
- Las normas promueven la cultura y el desarrollo hidráulico.
- Necesidad de la cultura de uso racional del agua.
- Las instituciones ordenan el desarrollo hidráulico.

#### **Instrumentos de la Política Nacional del Agua:**

Los instrumentos que permiten la implementación de la Política Nacional del Agua y que a su vez constituyen elementos inductores de resultados en la gestión del Gobierno Cubano para el desarrollo del sector hídrico son los siguientes:

- El Plan de Uso del Agua (Balance de agua anual).
- La clasificación de los cuerpos de agua según su uso.
- La concesión de derechos de uso de los recursos hídricos.
- El cobro por el derecho de uso y por el uso del agua.

- Desarrollo de la cultura de uso racional del agua.
- La comunicación institucional.
- La participación comunitaria.
- Las normas de consumo establecidas.
- Los controles gubernamentales e inspecciones estatales.
- Monitoreo de la cantidad y calidad del agua.

#### **Acciones Estratégicas de la Política Nacional del agua:**

- Actualizar el inventario de la cobertura de medición del consumo del agua (hidrometría).
- Fomentar un programa de formación y motivación de recursos humanos con alcance a todos los usuarios del agua.
- Fortalecer las capacidades técnicas de la actividad de proyectos e investigaciones hidráulicos.
- Experimentar formas de gestión económica no estatal en la administración del agua.
- Fortalecer el programa de educación ambiental, divulgación y participación comunitaria.
- Actualizar el censo de población que recibe el servicio de acueducto y alcantarillado por cada una de las vías reconocidas.
- Actualizar las áreas inundables y su impacto para establecer las prioridades.
- Actualizar los recursos hídricos potenciales y aprovechables, incluyendo el hidroenergético.
- Instrumentar los indicadores de Huella Hídrica y Agua Virtual, internacionalmente utilizados.
- Actualizar la entrega garantizada de los embalses y las cuencas subterráneas.

#### **1.4 Abastecimiento de agua.**

No todas las poblaciones disponen de manantiales o pozos cercanos en condiciones sanitarias adecuadas para el consumo humano. Por ello se hace necesario transportar y distribuir el agua. La efectividad de las redes de transporte y distribución de agua descansa sobre el funcionamiento correcto de todos los demás elementos del sistema de abastecimiento los cuales son:

- Captación
- Transporte
- Tratamiento
- Distribución

### **Captación:**

El primer elemento de cualquier sistema de abastecimiento de agua es la captación. Ésta puede ser de aguas superficiales o de aguas subterráneas.

### **Captaciones superficiales**

Las captaciones superficiales incluyen:

- Agua de lluvia.
- Arroyos y ríos.
- Lagos y embalses.

Cada uno de estos tipos requiere obras de distinta naturaleza e importancia, pero todos ellos comparten que una ejecución inadecuada puede influir en la calidad del agua servida y los problemas aguas abajo tales como sistemas de tratamiento, conducciones, depósitos, red de distribución. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

Exceptuando el agua de lluvia, el resto presenta un serio inconveniente respecto a las subterráneas: la existencia de zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba del punto de toma puede conllevar problemas sanitarios. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

Por ello, en fase de diseño se debe prever los siguientes elementos:

- Conocer el estado sanitario.
- Determinar los caudales disponibles, dejando un caudal ecológico en la fuente para no afectar los usos previos que esta pudiera tener.
- Conocer la calidad de agua y prever actuaciones en materia de tratamiento de la misma.

### **Captaciones subterráneas**

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas

dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.**(Ignacio Salvador Villa 2005)**

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, pozos profundos y pozos superficiales. **Habitualmente la calidad de las aguas subterráneas es superior a la del agua superficial debido a la menor influencia del hombre sobre ella.(Ignacio Salvador Villa 2005)**

Las obras de captación subterránea suelen ser más caras y requieren de estudios previos. Desde el punto de vista presupuestario, pocas organizaciones internacionales destinan fondos a realizar estudios hidrológicos previos para conocer la presencia y calidad del agua subterránea .Esto hace que las obras de captación de aguas subterráneas sean una incógnita hasta el final. (Ignacio Salvador Villa 2005)

#### **Transporte:**

El transporte desde el punto de captación hasta el punto de consumo se puede realizar:

- A presión, mediante tuberías y bombeo.
- En lámina libre, mediante un canal.

La decisión entre las dos opciones de transporte viene absolutamente condicionada por la topografía de la zona. Por ejemplo, si la captación se produce a una cota superior de la población que consumirá esa agua, es posible realizar un canal que la almacene en un depósito cercano a dicha población. Por el contrario, si la captación se encuentra a cota inferior o el terreno es muy accidentado, resulta imposible realizar un canal y es más barato instalar una bomba y una tubería de impelencia. De todos modos, por motivos sanitarios evidentes, es mucho más frecuente el sistema de impelencia con tubería que el transporte mediante un canal, siendo estos últimos más utilizados en las obras de regadío.**(Ignacio Salvador Villa 2005)**

#### **Tratamiento de agua potable:**

Prácticamente todos los sistemas de abastecimiento de agua requieren un tratamiento del agua para que sea potable. Para reducir los riesgos de contaminación microbiológica, física y química del agua potable es necesario tener en cuenta diversos aspectos a lo largo de todo el sistema de abastecimiento:

- Gestión del uso del suelo en la zona de captación.
- Selección y protección de las fuentes de agua.
- Tratamiento y reciclaje del agua residual.
- Sistema de distribución adecuado y bien mantenido.
- Prácticas seguras por parte de los usuarios.

El objetivo principal es reducir la contaminación hasta niveles aceptables por los usuarios, de forma que el uso y la sostenibilidad del sistema no se vean afectados negativamente, teniendo en cuenta que la aplicación de un sistema de tratamiento está siempre condicionado por aspectos técnicos y económicos.

Todo proceso de tratamiento de agua potable pretende:

- Eliminar de todos los organismos patógenos.
- Eliminar los elementos químicos peligrosos: metales pesados, flúor, arsénico, nitratos.
- Eliminar los constituyentes orgánicos.
- Reducir la materia en suspensión que causa turbiedad.
- Eliminar el hierro y el manganeso que dan color y gusto amargo al agua.

Generalmente, las aguas subterráneas están menos contaminadas que las superficiales; pero en aquellos casos en que el agua subterránea muestra contaminación, básicamente metales pesados, su tratamiento es mucho más difícil y costoso. El agua superficial requiere casi siempre tratamiento. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Distribución:**

Se entiende por red de distribución aquella red de tuberías a baja presión que conecta habitualmente el depósito de la comunidad y los puntos de consumo. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

En las redes de distribución se intenta encontrar el punto de equilibrio entre nivel de servicio e inversión necesaria por distintos caminos:

- Instalando elementos que faciliten la gestión posterior (contadores, válvulas de paso).

- Obviando en algunos casos los diseños más caros, aunque con mejor servicio (selección de redes arborescentes frente a soluciones malladas).

Los mayores problemas de gestión de los sistemas de abastecimiento de agua suelen dar en las redes de distribución. Estos problemas están relacionados, entre otras cosas, con aspectos como:

- Gestión del cobro de la cuota de agua.
- Diseño adecuado de los puntos de consumo de agua (agua estancada, lavaderos insuficientes, grifos con pérdidas, etc.).

### **Elementos de la red de distribución:**

- Bombeo.
- Depósitos
- Tubería de distribución
- Válvulas
- Puntos de consumo de agua

### **Sistemas por Gravedad:**

Los sistemas por gravedad se basan en la utilización de la energía gravitatoria para el transporte del agua entre el punto de captación y el punto de consumo. La situación óptima de estos sistemas es aquella en la que la captación se encuentra una cota superior a la de la comunidad. En caso de contar con un presupuesto reducido y respetarse las condiciones de distancia mínima al punto de consumo de agua (15 min. andando), también puede adoptarse esta solución si la comunidad se encuentra por encima de la captación.**(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Componentes del sistema:**

- Captación.
- Tubería.
- Depósito.
- Tanque rompedor de presión.
- Tuberías de distribución.
- Puntos de consumo: domiciliar o público.

Los sistemas de transporte y distribución por gravedad son soluciones muy buenas desde el punto de vista de la sostenibilidad, puesto que:

- Requieren de poco mantenimiento.
- Los elementos del sistema son sencillos.
- Cualquier problema se detecta rápidamente.

### **Costes y nivel de servicio:**

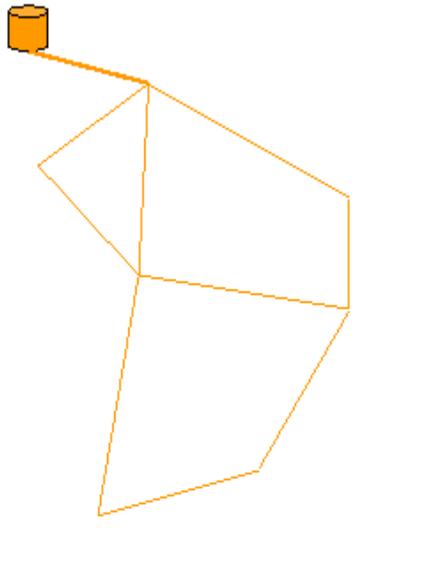
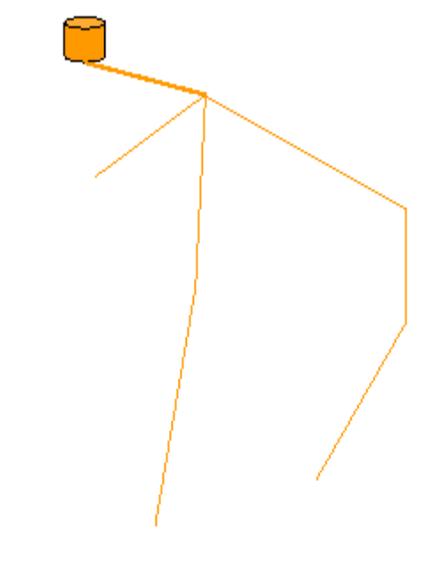
Estos sistemas suelen requerir una inversión inicial superior a los pozos superficiales, aunque el nivel de servicio es también muy superior. Esto es debido principalmente al coste de las tuberías y al coste de los depósitos de almacenamiento. Los costes de operación son habitualmente bajos debido a que no se requiere de fuentes de energía externas. La fiabilidad es en general alta y, por lo tanto, el nivel del servicio proporcionado es bueno. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Redes de distribución a presión:**

#### **Tipos de redes de distribución a presión:**

Las redes de distribución de agua potable se pueden dividir, en función de la morfología de las mismas, en dos grandes tipos:

- Redes arborescentes: sin ningún circuito cerrado o, dicho de otro modo, donde el agua tan sólo puede circular en un único sentido.
- Redes malladas: con circuitos cerrados o, dicho de otro modo, donde el agua puede realizar como mínimo dos trayectos distintos para servir cada punto de consumo.

	Redes malladas	Redes arborescentes
<b>Esquema</b>		
<b>Coste</b>	Elevado	Reducido
<b>Servicio</b>	Muy bueno. En caso de avería, poca población queda afectada.	Malo. En caso de avería, mucha población queda afectada
<b>Ámbito de aplicación</b>	Urbano	Rural

**Figura 2. Ventajas y desventajas de cada tipo de red.**

### Proceso de diseño:

Para llevar a cabo el diseño de una red de distribución es necesario realizar los siguientes pasos:

- Abstracción de la red.
- Determinación de los caudales de diseño.
- Estimación de diámetros de las tuberías.
- Comprobación de presiones y velocidades en la red.
- Calcular de nuevo, en caso de no verificarse el último paso.

### Abstracción de redes de abastecimiento de agua:

A efectos de cálculo, la red de abastecimiento se representa mediante un conjunto de puntos o nodos conectados mediante cuerdas o arcos, que representan en este caso los tramos de tubería. Debe tenerse claro que, en el momento de realizar los cálculos, se utilizarán las siguientes hipótesis:

- Únicamente se admite entrada o salida de agua en la red a través de los nodos.

- El arco que une dos nodos representa un único tipo de tubería. Por ello no se puede variar la sección de la misma. (Si se quisiera variar, se debería introducir un nuevo nodo, de forma que no se tuviera ya una cuerda y dos nodos, sino dos cuerdas y tres nodos).

Normalmente se suele abstraer la red a partir de los tramos más importantes y concentrando ciertos consumos en un mismo nodo, de forma que se reduzca el número de nodos y tramos; aunque nada impide realizar los cálculos con toda la información.

### **Determinación de los caudales de diseño:**

La red de abastecimiento no funciona siempre en el mismo régimen. Por ello para diseñarla infraestructura se requiere de los denominados caudales de diseño.

Una vez abstraída la red real y obtenida su representación esquemática, se pasa a determinar los caudales demandados en cada uno de los nudos de la red. Debe tenerse claro qué consumos afectan a qué nodo; es decir, en el momento de la abstracción es bueno realizar un pequeño mapa de viviendas o industrias afectadas por cada uno de los nodos de la abstracción. Así se evita olvidar o, por el contrario, duplicar consumos con el consiguiente error de diseño. El caudal de diseño agrupa las demandas de las viviendas, las industrias y otros usos, como por ejemplo el riego o el aprovechamiento para proyectos productivos agrícolas, etc. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

Para el **consumo humano** la fórmula más comúnmente usada es la siguiente:

$$Q \text{ (l/s)} = K_P \cdot D \cdot P / 86400 \quad (1)$$

Donde:

- $K_p$  = coeficiente de simultaneidad, depende de la población servida en total, no la servida por ese nodo; adimensional.
- $D$  = dotación media diaria, l/hab día
- $P$  = población servida por ese nodo (teniendo en cuenta el crecimiento de dicha población en el periodo de vida útil de la obra; normalmente 20 años), hab.
- El valor 86.400 resulta de la transformación de días en segundos.

## **1.5 Caracterización de los elementos de una red de distribución:**

### **1.5.1 Bombeo:**

#### **Tipologías básicas**

Las más sencillas son las **bombas manuales** entre las que destacan las bombas Afridev, Indian Mark, Mecate, bomba de pie, etc. Las principales ventajas de las bombas de mano más desarrolladas son:

- Profundidades hasta 70-80 m (según la tipología).
- Caudales pequeños: adecuadas para pequeños núcleos de gente.
- No necesitan carburante o electricidad para funcionar.
- Coste bajo.
- Capacidad de bombeo suficiente y adecuada a las necesidades de la comunidad.
- Fáciles de mantener y reparar.
- Adaptable a otras fuentes de energía (animales, viento...).

De acuerdo con las recomendaciones de la OMS, el número máximo de usuarios por bomba será de 250.

#### **Algunas bombas manuales:**

- Bomba de Mecate
- Indian Mark
- Afridev

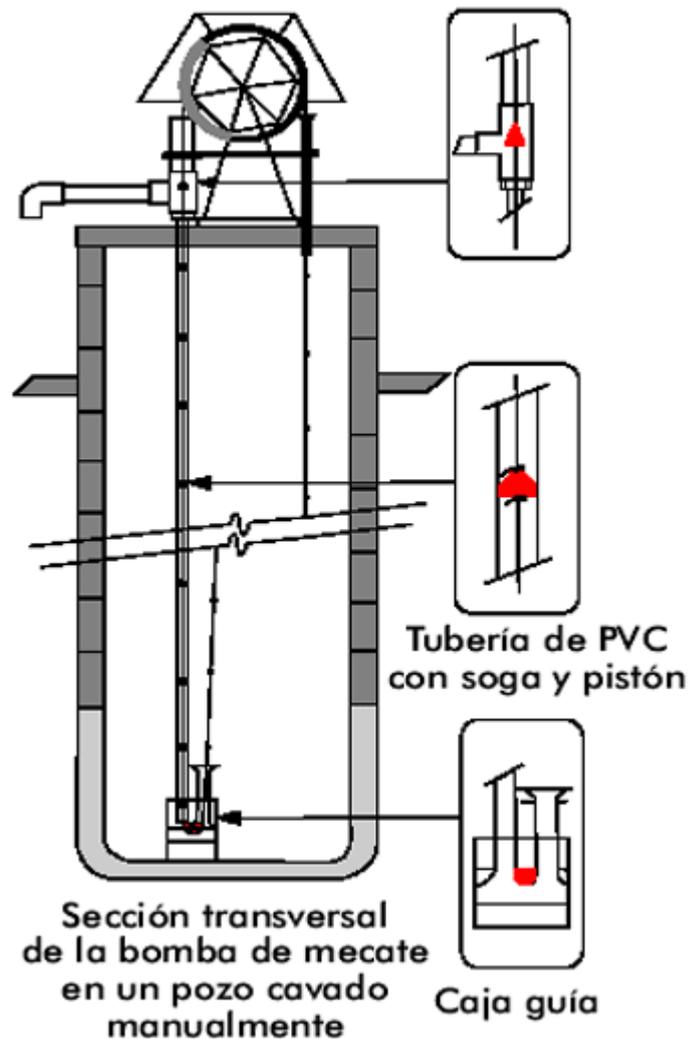


Figura 3. Diagrama general de una bomba de mecate.

Por otro lado, **las bombas no manuales** agrupan bombas helicoidales, centrífugas, sumergibles, etc. Sus ámbitos de aplicación más adecuados son:

- Pozos con una profundidad superior a 70-80 m.
- Sistema con un manantial ubicado bajo el nivel de la comunidad y un tanque de almacenamiento.
- Necesidad de un caudal más importante que el proporcionado por una bomba manual.
- Comunidades que se puedan permitir los costes de operación, mantenimiento y amortización.

Los fabricantes de este tipo de bombas facilitan los rangos de aplicación (caudales y alturas de impulsión) a modo de tablas o esquemas. Estos rangos deberán ser comparados con las necesidades de nuestra actuación para poder elegir la mejor solución.

### **Algunas bombas no manuales:**

- Bombas de rotor helicoidal
- Ariete hidráulico
- Bombas centrífugas

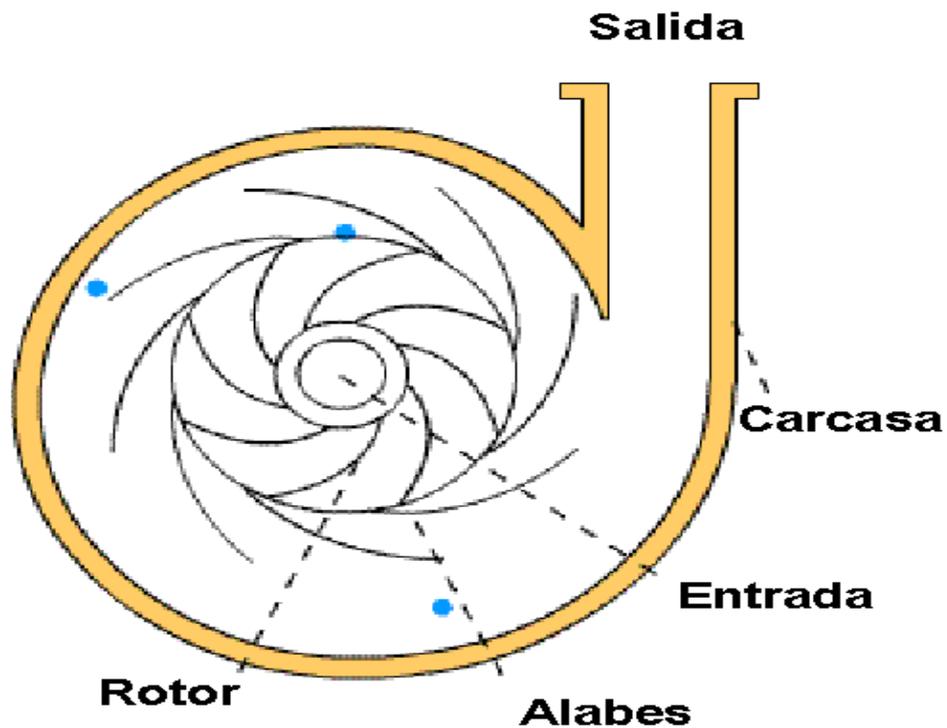
### **Bomba centrífuga:**

#### **Composición y funcionamiento:**

Los principales componentes de una bomba centrífuga son el tambor y la carcasa. El tambor es un disco con álabes que giran del centro hacia el exterior. Éste, al girar a una velocidad suficientemente alta, produce el flujo ascendente gracias a la fuerza centrífuga. El agua es lanzada hacia el conducto de salida creando una succión que fuerza la entrada de más agua.**(Ignacio Salvador Villa 2005)**

#### **Aspectos funcionales:**

- Si la altura de elevación necesaria es mayor que la capacidad de una bomba, se pueden conectar varias en serie (bomba multi-etapa).
- La eficiencia de bombeo tiende a mejorar cuando aumenta la velocidad de rotación.
- Una velocidad de rotación alta puede implicar un mantenimiento más frecuente.



**Figura 4. Bomba Centrífuga.**

### **Bomba centrífuga**

#### **Criterios de selección:**

Los criterios básicos para determinar qué bomba es la más adecuada en cada situación son:

- Caudal requerido.
- Distancia vertical entre el nivel de bombeo y de distribución.
- Distancia horizontal entre el punto de bombeo y de distribución.
- Distancia horizontal entre el punto de bombeo y de distribución.
- Variaciones esperadas en los niveles de agua de la fuente.
- Durabilidad de los componentes básicos (incluyendo resistencia a la corrosión).
- Disponibilidad y coste de los repuestos.
- Criterios institucionales y comunitarios: contribución de la comunidad en la selección de la tecnología, ubicación de la bomba, selección del guarda y de la cuota del agua.

### 1.5.2 Depósitos:

Los tanques de distribución en proyectos de cooperación al desarrollo suelen estar diseñados para suministrar el volumen equivalente a un día de consumo, especialmente en sistemas con bombeo. Se puede optimizar el volumen del tanque realizando un análisis temporal de entradas y salidas en el mismo. Este análisis debe llevarse a cabo para el día de mayor consumo. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

**Su ubicación viene determinada por los siguientes factores:**

- Suficiente cota para asegurar la presión necesaria (3-4 mca).
- Cota no excesiva para evitar presiones demasiado elevadas en la tubería (60 mca para una tubería estándar).
- Cercanía a la zona a servir para reducir el coste de la tubería.

**Accesorios:**

- Válvula de flotador en la entrada.
- Tubería de salida con válvula de paso.
- Tubería de drenaje y limpieza en el punto más bajo.
- Rebosadero.
- Acceso de hombre para limpieza interior.
- Tubería de aireación protegida con una malla.



**Figura 5. Tanque de mampostería.**

### **Tanque de mampostería de 100 m<sup>3</sup>.**

Es muy útil instalar un contador para conocer el consumo y poder contrastarlo con los datos de las fuentes públicas o acometidas domiciliarias.

#### **Consideraciones constructivas:**

En general, la capacidad de los tanques oscila entre 10 y 100 m<sup>3</sup>, en función del tamaño de la comunidad. Estos tanques se pueden realizar en ferrocemento, acero galvanizado, ladrillo, mampostería, plástico.

Los tanques mayores de 80-100 m<sup>3</sup> se construyen en hormigón armado, pudiendo llegar a volúmenes de 1.000 m<sup>3</sup>. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

#### **Tanques elevados:**

En zonas llanas, sin puntos elevados, será necesario utilizar tanques elevados. En teoría, el volumen de estos tanques se debería calcular del mismo modo pero, debido al excesivo coste de un tanque elevado con un volumen considerable, habitualmente no se sobrepasan los 10 m<sup>3</sup>. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

Los sistemas con tanques elevados y bombeo suelen bombear de forma intermitente a lo largo del día para optimizar el servicio y el coste del tanque elevado. Es muy habitual contar con tanques de 2-4 m<sup>3</sup> y bombear 2-3 veces al día. Estos tanques suelen ser metálicos, aunque también los hay de hormigón armado o ladrillo sobre pilares de hormigón armado o acero. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

#### **Tanques de ferrocemento:**

El ferrocemento es una tecnología ampliamente extendida en América Latina con la que se pueden llegar a construir tanques de hasta 50 m<sup>3</sup>. Sus características principales son:

- Mortero rico en cemento sobre dos capas de tela de gallinero y una malla electrosoldada.
- Espesor final entre 30 y 100 mm, según altura y diámetro del tanque.
- Fácilmente reparable.
- Fondo cóncavo para absorber mejor los esfuerzos.
- Cubierta algo cóncava por el mismo motivo.
- Solución muy económica en cuanto a materiales.
- Requiere mucha mano de obra no cualificada (alta participación comunitaria).

### **Tanques tipo OXFAM:**

Los tanques tipo OXFAM, muy habituales en situaciones de emergencia, también son adecuados para la distribución. Sus principales características son:

- Exterior de chapas de acero conformando un tanque circular.
- Interior recubierto de goma sintética
- Cubierta de plástico.
- Ligero y de fácil instalación.

### **1.5.3 Tuberías:**

#### **Soluciones disponibles:**

Las tuberías representan una inversión considerable y, por tanto, resulta fundamental seleccionar el tipo de tubería más adecuado. Los materiales disponibles más habituales son:

- Hierro galvanizado.
- PVC.
- Polietileno (PEAD).

#### **La selección del tipo de tubería se basa en los siguientes factores:**

- Coste y disponibilidad local.
- Presiones de diseño del sistema.
- Presencia de aguas y/o suelos corrosivos.
- Condiciones como sobrecargas de tráfico o proximidad a aguas residuales.

#### **Tuberías de hierro galvanizado**

El hierro galvanizado es el material más resistente, resultando la mejor opción para presiones de trabajo por encima de los 120 mca. No es habitual tener estas presiones un el tramo de red de distribución, sino más bien en el tramo de impelencia. Estas tuberías son difícilmente perforables sin herramientas adecuadas, lo cual es una ventaja si el riesgo de conexiones ilegales es real. Es necesario disponer de conexiones universales cada 50 m para facilitar las operaciones de mantenimiento. Estas tuberías pueden no estar enterradas, lo cual reduce el trabajo a realizar en terrenos especialmente duros. De todos modos, se deben anclar cada 6 metros para reducirlos movimientos bruscos. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Tuberías de PVC:**

#### **Las principales ventajas de este tipo de tuberías son:**

- Facilidad de conexión.
- Precio más económico.

#### **Por el contrario, sus desventajas son:**

- Pérdida de resistencia si se expone al sol durante largos periodos de tiempo.
- Deben ir enterradas sobre un lecho de arena de unos 5 cm para evitar su rotura.

### **Tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD):**

#### **Las principales ventajas de este tipo de tuberías son:**

- No pierde resistencia si se expone al sol durante largos periodos de tiempo.
- Gran resistencia a la corrosión.
- Gran resistencia a los agentes químicos.
- Escasa pérdida de carga por rozamiento.
- Fácil transportación y manipulación por su bajo peso.
- Flexibilidad.

#### **Por el contrario, sus desventajas son:**

- Más caro que el PVC.
- Escasa disponibilidad a nivel local.

### **1.5.4 Tipos de válvulas:**

#### **Válvulas de corte:**

Las válvulas de corte cumplen la función de conectar o desconectar dos tramos de tubería. Se colocan en bifurcaciones importantes en la red, así como a la entrada de cada vivienda. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

#### **La colocación de una válvula de corte puede ser útil en varios casos:**

- En caso de rotura o reparación en la red, evita que se vacíe o deje de funcionar toda la red.
- Regular el caudal circulante para redistribuir presiones en la red (únicamente en casos excepcionales, debido a que una válvula semiabierta se acaba rompiendo en pocos años).

- Cortar el suministro a un beneficiario, si fuera necesario, en caso de impago reiterado.

Hay muchos tipos de válvulas de corte, como por ejemplo, las de mariposa y las de compuerta. Ambas se pueden accionar mediante una palanca o bien mediante un volante.

### **Válvulas reductoras de presión:**

Las válvulas reductoras de presión tienen la función de reducir la presión aguas debajo de ellas, mediante la provocación de una pérdida de carga. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **La colocación de una válvula reductora de presión puede ser útil en varios casos:**

- Zonas muy deprimidas topográficamente con presiones excesivamente altas. En estos casos, es la opción óptima, aunque el precio es alto. Otras posibilidades más baratas en inversión, en caso de que la situación restrictiva no sea la hidrostática son:
  - Reducir el diámetro de la tubería, de manera que las pérdidas de carga sean grandes y, por tanto, la presión aguas abajo se reduzca.
  - Válvula de corte semiabierta.

A largo plazo, estas soluciones pueden resultar más caras por roturas del sistema, funcionamiento deficiente, etc.

### **Válvulas mantenedoras de presión:**

Las válvulas mantenedoras de presión tienen la función de asegurar una cierta presión aguas arriba de ellas.

### **Las válvulas mantenedoras de presión son útiles en la siguiente situación:**

Zona localizada con cotas topográficas muy superiores al resto de la población. Este tipo de válvulas también tiene un precio elevado, por lo que hay que valorar en cada caso si su colocación es más económica que independizar las redes de abastecimiento de las zonas altas respecto a las bajas. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Válvulas reguladoras de flujo:**

Las válvulas de flujo tienen la función de asegurar que el caudal en el tramo donde están instaladas. De esta manera, se asegura que no se va excesivo caudal a una zona, en perjuicio de otra.

El precio de estas válvulas es elevado, por lo que en ciertos casos puede ser más económico independizar las redes de abastecimiento a las distintas zonas. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

### **Válvulas de desagüe:**

Las válvulas de desagüe tienen la función de desaguar la instalación para realizar, por ejemplo, trabajos de reparación o mantenimiento. Se colocan en los puntos topográficamente deprimidos y es necesario evitar el estancamiento de agua. **(Ignacio Salvador Villa 2005)**

## **1.5.5 Puntos de consumo de agua:**

### **Conexión domiciliar**

La conexión domiciliar lleva el agua de la tubería de distribución a un grifo, situado habitualmente en el patio de la vivienda.

### **La conexión domiciliar cuenta con los siguientes elementos:**

- Conexión a la tubería general por medio de una pieza en T.
- Contador para facilitar la gestión del sistema.
- Grifos de 0,5" (12,7 mm).

### **Las principales ventajas de las conexiones domiciliarias son:**

- Facilidad de la gestión posterior del sistema.
- Nivel de servicio más elevado.

### **En cuanto a las desventajas, cabe destacar lo siguiente:**

- Inversión mayor que en fuentes públicas.
- Necesidad de una captación de agua que asegure 50 l/hab·día para justificar la inversión.

### **Conclusiones Parciales del capítulo:**

Luego de haber realizado un análisis de las experiencias en materia de caracterización de los recursos hídricos y abastecimiento de agua, arribamos a las siguientes conclusiones parciales:

- Es necesario poseer unos conceptos mínimos de Hidrología e Hidráulica para poder afrontar con garantías una actuación de abastecimiento de agua.
- El agua está directamente vinculada al desarrollo humano: salud y producción.
- Las soluciones técnicas deben estar basadas en tecnologías apropiadas, con un mantenimiento sencillo para asegurar la sostenibilidad técnica de los proyectos.
- En Cuba, los recursos hídricos, provenientes de la lluvia como única fuente, cuentan con un 75% de su potencial en aguas superficiales y un 25% en aguas subterráneas. Su distribución, conservación y control se asientan sobre bases jurídicas sólidas, amparadas por la Constitución de la República y un conjunto de leyes, decretos y resoluciones. Su cumplimiento es responsabilidad de diversas instituciones, entre las que sobresalen el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Las estrategias, políticas y acciones desarrolladas desde el triunfo revolucionario hasta la fecha, aunque no han estado exentas de errores, han sido lo suficientemente acertadas como para garantizar toda la infraestructura con que hoy cuenta el país y sin las cuales no hubiera sido posible desarrollar la agricultura, la industria y otros sectores.

## **Capítulo 2: Evaluación de la tecnología instalada en el Acueducto Cayo Santa María.**

### **2.1 Introducción:**

A principios del año 1999 comenzó la construcción de la infraestructura hidrosanitaria en la Cayería Noreste de Villa Clara, la cual permitiría el abasto y distribución de agua potable a todas las instalaciones turísticas o de apoyo del Polo Turístico; así como la recolección de las aguas albañales, su tratamiento y la disposición final de las mismas.

Anteriormente se ejecutaron varios estudios de factibilidad de carácter técnico y económico en donde se analizaron las diferentes alternativas posibles, trabajos que fueron ampliamente discutidos por especialistas de alto nivel del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y de la entidad que responde por las inversiones turísticas en el Polo (Inmobiliaria ALMEST), también por miembros del gobierno y del partido de la provincia y de la nación, proporcionando como resultado las siguientes premisas para la elaboración de los proyectos ejecutivos de las obras de la infraestructura de abasto de agua:

- La solución definitiva de abasto de agua a las instalaciones turísticas y de apoyo de la Cayería se efectuaría desde pozos en tierra firme, mediante una conductora principal que entregaría el agua por diferentes ramales a los tanques de distribución de cada cayo y desde ellos, y por medio de redes de distribución, se abastecería a cada uno de los usuarios.
- Las fuentes de abasto serían dos: Fuente N° 1 “Dolores” y Fuente N° 2 “El Caney”; cada una con dos pozos: uno de trabajo y otro de reserva activa; el caudal máximo recomendado para cada fuente era de 75,00 L/s, por lo cual el gasto máximo a trasvasar llegaría a 150,00 L/s.
- En el tramo de tierra firme de la conductora principal se utilizaran tubos de polietileno de alta densidad (PEAD), al igual que para los ramales y redes, se usarían tubos y accesorios de PEAD, excepto para el cruce de los puentes del pedraplén en que los tubos a utilizar serían de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

- Se fijó que el consumo medio diario de agua por habitación hotelera sería de 1,00 m<sup>3</sup> y que los coeficientes de irregularidad máxima diaria y horaria fueran  $k_1= 1,30$  y  $k_2= 1,60$  respectivamente.
- Que el consumo total de trabajadores del turismo y personal de apoyo que radicarían en las bases de apoyo se calcularía sobre la base de dos mil quinientas una (2 501) habitaciones equivalentes correspondientes al 25,0 % de la totalidad de los alojamientos; y que la fuerza laboral constructiva alcanzaría un total de dos mil (2 000) obreros. Para ambos casos el caudal promedio diario a consumir por persona sería de 150,00 L, manteniendo los mismos coeficientes  $k_1$  y  $k_2$ .
- Que el consumo medio diario de agua para la construcción alcanzara 150,00 m<sup>3</sup>.
- Que el caudal máximo de diseño de la conductora principal fuera el gasto promedio diario (150,00 L/s), lo cual disminuiría sustancialmente el costo de la inversión inicial, utilizando los tanques y cisternas de la Cayería para regular las variaciones del consumo diarias y horarias.
- Que en el diseño y construcción de la conductora principal las presiones nominales de los tubos utilizados fueran disminuyendo en correspondencia a las presiones de trabajo que ocurrirían durante el funcionamiento de la misma, lo cual también influiría en la disminución de los costos de inversión.

## **2.2 Estado y descripción de los diferentes objetos de obra existentes que forman parte del sistema de abasto del Cayo Santa María:**

A continuación pasaremos a detallar la situación que presentan los objetos de obra que componen el sistema de abasto a la Cayería, desde las fuentes hasta cada uno de los usuarios.

### **2.2.1 Estación de bombeo Fuente N° 1 “Dolores”:**

Construida en el año 1999, con dos pozos de abasto donde se instalarían bombas sumergibles marca “Jet” en composición de trabajo y reserva activa, con las siguientes características técnicas:

- Caudal por bomba,  $Q= 75,00$  L/s.
- Carga,  $H= 115,00$  m.
- Eficiencia,  $E= 80,0$  %.

Actualmente en la estación de bombeo existen dos bombas sumergibles de diferente marca y modelo a la que se instalarían inicialmente con las siguientes características:

<b>Bombas</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b># de impelentes</b>	<b>Q(l/s)</b>	<b>H(m)</b>	<b>Eficiencia(%)</b>
1	KSB	UPA.360-65/3A	3	75	112	68
2	WILO	IWI-S-181 C/5A	3	38	116	60

**Tabla 1: Características de las bombas instaladas.**

Aguas arriba de cada bomba hay instalado válvulas manuales con sus respectivos cheque y válvulas de aire. El manejo de las válvulas manuales se dificulta mucho por parte del operador pues están muy rígidas.

A la salida del bombeo en un registro hidráulico, existe una válvula motorizada con un actuador multivoltas para servicio de regulación, marca AUMA. Dicha válvula hay que dictaminar técnicamente. También hay instalado un caudalímetro electromagnético marca ABB con un visualizador que actualmente no muestra el dato de caudal real, comprobado por especialistas del acueducto. Existen sensores de presión antes y después de la válvula motorizada, un sensor de presión marca WIKA delante de la válvula en mal estado técnico debido a descarga eléctrica y otro detrás del caudalímetro también roto.

Existe un local donde se encuentran las pizarras eléctricas pertenecientes a cada bomba de los pozos. El panel eléctrico, tiene las protecciones necesarias contra cortocircuito instantáneo, sobre carga, falta de una fase, inversión, falla a tierra desbalance y alta y baja tensión. Incluye los elementos necesarios del sistema de automatización de los equipos tecnológicos y medición de corriente general y de las bombas principales. En este local también está instalado un panel perteneciente al caudalímetro ABB donde se visualiza la lectura del mismo.

En la estación de bombeo Fuente N° 1 “Dolores” existen dos pozos en explotación con las siguientes características:

Pozos	Q (requerido)(l/s)	H total (m)	H Inst. (m)	Dn (mm)
1	75	35	24	400
2	75	40	23	400

**Tabla 2: Datos iniciales de los pozos.**

Pozos	Q (requerido)(l/s)	H total (m)	H Inst. (m)	Dn (mm)
1	75	35	21	400
2	40	40	23	400

**Tabla 3: Datos actuales de los pozos.**

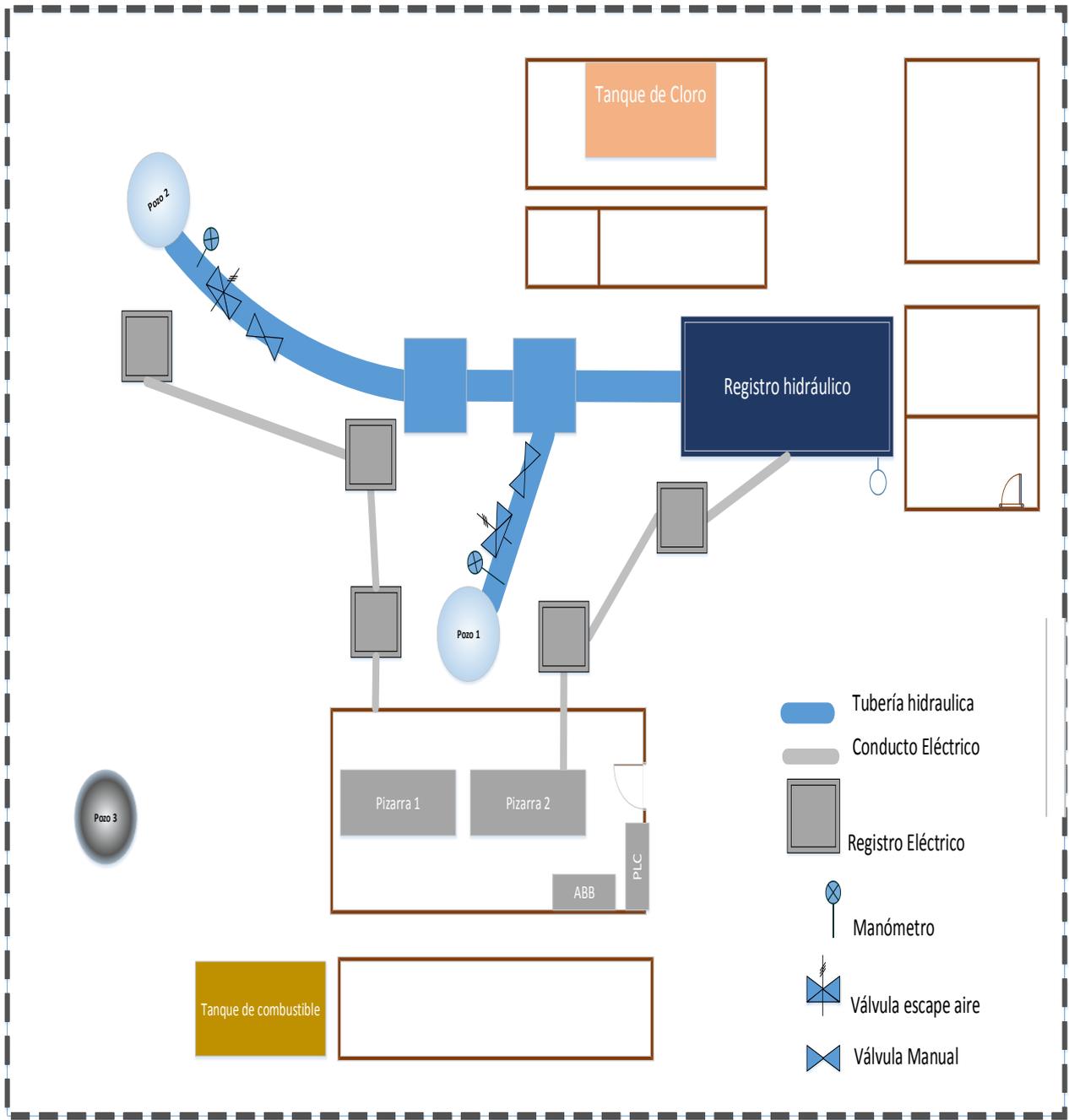
Teniendo en cuenta la ubicación de los pozos se construyó una cerca perimetral que limita el área del régimen estricto de protección sanitaria, así como un sistema de drenaje pluvial.

Los parámetros antes expuestos permiten el funcionamiento del sistema de abasto para el gasto total de diseño del mismo (150,00 L/s), cuando se construyera y se pusiera en funcionamiento la estación de bombeo Fuente 2 y la de rebombeo de Cayo Las Brujas, pero para garantizar que el caudal bombeado desde esta fuente no sobrepasará los 75,00 L/s recomendados, se le colocó una válvula reguladora de flujo a la salida de la estación de bombeo, que se controla desde el panel de control según las lecturas de un medidor de caudal también instalado.

Marca	Cantidad de equipos	Capacidad
Grundfos	2	2(Kg/h)

**Tabla 4: Datos de los equipos cloradores.**

Existen dos bombas auxiliares para cloración modelo Lowora y marca SV408F226T/A, que trabajan con una potencia de 2,2 Kw y una carga de 97m.



**Figura 6: Croquis de la Estación de bombeo La Fuente 1.**

**Evaluación de los riesgos y medida a aplicar en la estación de bombeo Fuente N° 1 “Dolores”:**

<b>Peligro</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Medidas a aplicar</b>
Contaminación del acuífero	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Focos contaminantes en la propia cuenca hidrológica.</li> <li>-Caudales mayores que los recomendados para los pozos</li> </ul>	<p>Identificar y neutralizar estos focos.</p> <p>Para cada situación garantizar solo el caudal estrictamente necesario, el cual nunca debe sobrepasar los 80,00 L/s.</p>
Interrupción suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desperfectos o dificultades en el funcionamiento de bombas.</li> <li>-En caso de no efectuarse los trabajos de mantenimiento preventivos.</li> <li>-Si no se cuentan con equipos, piezas y accesorios de reserva.</li> </ul>	<p>Sustitución inmediata de las bombas.</p> <p>Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento eficaz, para lo cual se deben buscar los recursos necesarios</p> <p>Adquirir los suministros necesarios para los trabajos de mantenimiento.</p>

**Tabla 5: Riesgos y medida a aplicar en la estación de bombeo Fuente N° 1.**

**2.2.2 Estación de bombeo Fuente N° 2 “El Caney”:**

La estación de Bombeo “El Caney ” ubicada en la zona de Dolores municipio de Caibarién cuenta con dos pozos en explotación un primer pozo (Pozo 1) desde donde se bombean 80 L/s, con una profundidad total de 35 metros y un diámetro de 400 mm y la bomba está instalada a una profundidad de 21,35 metros. Un segundo pozo (Pozo 2) desde donde se bombean 80 L/s, con una profundidad total de 40 metros y un diámetro de 400 mm y la bomba está instalado a una profundidad de 21,35 metros.

Y un tercer pozo (Pozo 3) que aún no se está explotando.

Aguas arriba de cada bomba hay instalado manómetro, válvula de aire con una válvula de corte en la instalación de la misma, y una válvula de control de bomba marca SINGER para el encendido y apagado de la bomba. Además en la instalación hidráulica de la Bomba 2 existe un presostato marca SOR.

Debido a la importancia de esta obra, se considera la misma de categoría 1 y esta diseñada para que funcione 24 horas diarias durante los 365 días del año.

A partir de la puesta en explotación de esta nueva fuente de abasto al polo turístico Cayo Santa María, se completa un volumen de 150 L/s de abasto al polo turístico Cayo Santa María.

**Dimensiones:**

**Área total solicitada para la Estación de Bombeo:** 0,0625 ha.

**Largo:** 25,00 m.

**Ancho:** 25,00 m.

**Área total solicitada para la conductora:** 0,21 ha.

**Área de construcción de la estación de bombeo y la conductora:** 0.2725 ha.

La estación de bombeo además esta formada por una caseta principal donde se ubica el local del operador, el baño, pantry y la garita. También existe otra caseta que presenta tres locales: uno para las bombas de cloración y las de neutralización de escape, otro para los inyectores y dosificadores y un tercer local para los botellones de cloro.

La estación de bombeo presenta una tercera caseta para la ubicación del grupo electrógeno.

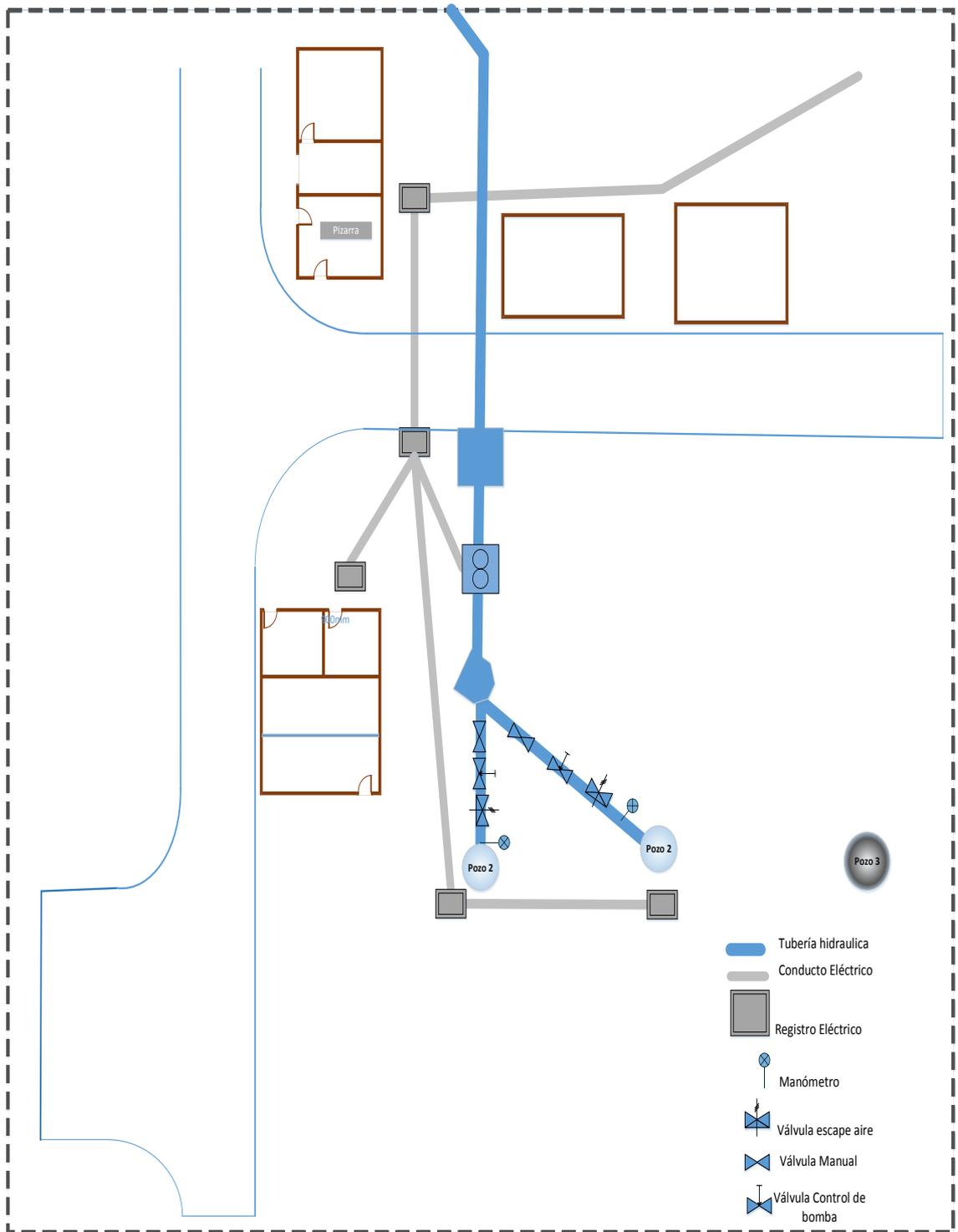
La estación de bombeo posee dos modos de operación, uno manual y otro automático. En el primero, la bomba se arranca directamente mediante una botonera en el panel, y para el segundo modo de operación se instalará un sistema de comunicación (servicio telefónico o radiocomunicación) de forma que esta pueda ser controlada desde una estación central (tanque Cayo Santa María) según las necesidades del sistema. Además de lo descrito la estación de bombeo tiene protecciones contra bajo nivel de agua en los pozos para evitar el funcionamiento en vacío de las bombas.

La estación de bombeo Fuente N° 2 “El Caney” presenta dos bombas sumergibles modelo UPA 300-65/3ª con las siguientes características:

<b>Bomba UPA 300-65/3ª</b>				
<b>Nº</b>	<b>Q(L/s)</b>	<b>H(m)</b>	<b>η (%)</b>	<b>N(Kw)</b>
1	0,00	178,00	0,0	67,00
2	10,00	170,00	23,0	72,00
3	20,00	162,00	42,0	78,00
4	30,00	158,00	57,0	83,00
5	40,00	150,00	67,0	90,00
6	50,00	142,00	72,0	95,50
7	60,00	135,00	78,0	101,00
8	70,00	123,00	80,0	106,00
9	80,00	112,00	80,0	109,00
10	90,00	95,00	77,0	112,00

**Tabla 6: Características de las bombas.**

A la salida del bombeo existe un caudalímetro marca Badger Europe con indicación de su lectura local, que habría que determinar técnicamente si se puede integrar al sistema.



**Figura 7: Croquis Estación de Bombeo "El Caney".**

<b>Peligro</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Medidas a aplicar</b>
Contaminación del acuífero	<p>-Focos contaminantes en la propia cuenca hidrológica.</p> <p>-En caso de no cumplirse con lo establecido las áreas de protección sanitaria.</p> <p>-Caudales mayores que los recomendados para los pozos</p>	<p>Identificar y neutralizar estos focos.</p> <p>Buscar otras fuentes de abasto a la cayería y ejecutar las inversiones necesarias.</p> <p>Aumentar el área de propiedad de la fuente de abasto mediante Micro localización.</p> <p>Para cada situación garantizar solo el caudal estrictamente necesario, el cual nunca debe sobrepasar los 80,00 L/s.</p>
Interrupción suministro de agua	<p>-En caso de presentarse problemas en el montaje de los equipos.</p> <p>-Desperfectos o dificultades en el funcionamiento de bombas.</p> <p>-En caso de no efectuarse los trabajos de mantenimiento preventivos.</p> <p>-Si no se cuentan con equipos, piezas y accesorios de reserva.</p>	<p>Realizar las pruebas de presión de la estación de bombeo.</p> <p>Sustitución inmediata de las bombas.</p> <p>Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento eficaz, para lo cual se deben buscar los recursos necesarios</p> <p>-Adquirir los suministros necesarios para los trabajos de mantenimiento</p>

**Tabla 7: Riesgos y medida a aplicar en la estación de bombeo Fuente N° 2.**

### **2.2.3 Conductora principal y redes de distribución:**

La conductora principal parte desde las estaciones de bombeo Fuente N° 1 y Fuente N° 2, llega hasta el tanque de regulación N° 1 (TSM-1) que abastece a las unidades turísticas Las Dunas y La Estrella de Cayo Santa María, continua hasta el tanque de regulación N° 2 (TSM-2) que abastecerá a la unidad Lagunas del Este.

Esta conductora actualmente realiza entregas en ruta a diferentes usuarios:

- Villa Las Brujas y Marina Gaviota.
- Aeropuerto Cayo Las Brujas
- Servicentro Cayo Las Brujas.
- Acuario-Delfinario
- Hotel Iberostar Ensenachos.
- Cargadero de pipas en Cayo Santa María.
  
- Villa Santa María y Guardafronteras.

Esta obra responde a los intereses de la inversión y brindará un servicio de agua eficiente durante las 24 h, siempre y cuando no haya problemas de roturas ni de mantenimiento en el sistema.

#### **Composición de la obra:**

El primer tramo de tubería se diseñó con un diámetro 355 mm, de polietileno de alta densidad (PEAD), PE-100Pn= 1,25 MPa con unión por termofusión y con un gasto de circulación de 80,00 l/s por bombeo desde Fuentes I, el segundo tramo se diseñó con un diámetro de 500 mm, de polietileno de alta densidad (PEAD), PE-100Pn= 1,25 MPa con unión por termofusión y con un gasto de circulación de 160,00 l/s por bombeo ya que se incorpora la Estación de Bombeo Fuentes II.

Existe el cruce de vial (Carretera Caibarién-Yaguajay), el mismo se realizó protegiendo el tubo con una camisa de diámetro 800 mm de PEAD, para un total de 2 tubos.

En la conductora se ubicaron 2 registros pitométricos para medir presión y caudal, los mismos se ubicaron después de la conexión de la tubería que viene de E.B. Fuente I con la que viene de la E.B. Fuente II.

Se han colocado codos de 30°,45°,60°y 90° de diámetro 500 mm en los vértices donde existen inflexiones significativas.

### **Registros:**

Para la ubicación y montaje de las válvulas se han construido registros; los cuales funcionan como protección a los elementos que irán colocados dentro de ellos, así como para la operación y mantenimiento de las válvulas y demás accesorios por parte de la empresa explotadora (acueducto). Los diferentes tipos de registros se describen a continuación.

#### **Registro para válvula de cierre:**

El registro de válvula de cierre presenta dimensiones interiores de 1,70 m x1, 70 m. Los muros son de bloques de hormigón de 20 cm macizados, con losa prefabricada en la cubierta y el cerramiento de hormigón armado con las dimensiones de 20 cm x20cm. Los muros están apoyados sobre una viga zapata de la sección 25 cm x25 cm. La cubierta tiene 15 cm y el acceso al interior de cada registro es mediante una tapa de HoFo de 60 cm de diámetro.

#### **Registros para válvulas de aire:**

Los registros para válvulas de aire se colocaron con collarines con cincha y salida roscada. El registro de válvula de aire presenta dimensiones exteriores de 2,15 m x2, 15m. Los muros son de bloques de hormigón de 20 cm, con losa prefabricada en la cubierta y el cerramiento de hormigón armado con las dimensiones de 20cm x20 cm. Los muros se apoyan sobre una viga zapata de la sección 25cm x25 cm. La cubierta tiene 15 cm y el acceso al interior de cada registro será mediante una tapa de HoFo de 60 cm de diámetro. .Estos registros se han previstos con 30 cm por encima de la cota de terreno natural y los que se construirán paralelo a la tubería existente en el Pedraplén. La losa de cubierta quedará al mismo nivel que la vía.

#### **Registros para válvulas de desagües:**

Con la utilización de te 90°reducidas concéntricas y válvulas de cuña con asiento elástico. Los mismos son de tipo convencional de cámara partida (seca y húmeda), paredes de bloques de 20 cm, con losa de cubierta y de fondo de 15 cm.

**Evaluación de los riesgos y medida a aplicar en la conductora principal y redes:**

<b>Peligro</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Medidas a aplicar</b>
Contaminación del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Salideros y roturas en las tuberías.</li> <li>- Roturas en las válvulas de aire.</li> <li>- Roturas en los desagües.</li> </ul>	<p>Reparar rápidamente las averías.</p> <p>Sustituir y/o reponer todas las válvulas de aire.</p> <p>Detectar los desagües con problemas y resolver su situación.</p>
Interrupción suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salideros y roturas en las tuberías.</li> <li>- Presiones de trabajo por encima de las nominales.</li> <li>- Vaciado de las tuberías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparar rápidamente las averías y con especial cuidado eliminar vegetación sobre tubos.</li> <li>- Garantizar una supervisión constante del estado de las tuberías y construir conductoras paralelas de PEAD a los tramos de PVC.</li> <li>- Controlar el caudal de las fuentes de abasto y sustituir o reponer todas las válvulas de aire.</li> <li>- Operar las válvulas de entrada de agua a las cisternas de los usuarios, no las del tanque.</li> </ul>

**Tabla 8: Riesgos y medida a aplicar en la conductora y redes de abasto.**

## 2.2.4 Estación de rebombeo “Cayo las Brujas”:

La Estación de Rebombeo Cayo Las Brujas esta ubicada en el cayo homónimo y tiene como objetivo permitir la conducción aproximada de 145 l/s de este cayo en adelante sin necesidad de realizar cambios en la conductora. Esta estación de rebombeo funciona simultáneamente con la Estación de Bombeo La Fuente I, y con la Estación de Bombeo La Fuente II ambas ya en explotación. Con esta obra se podrá extraer desde las fuentes en tierra firme hasta aproximadamente 195 l/s, logrando entonces entregar a cayo Las Brujas aproximadamente 50 l/s. La conductora actual desde tierra firme es de PEAD, PE 100, a unos metros antes de llegar al lugar donde estará ubicada la estación de rebombeo, será de Dn400 mm con una Pn0,60 MPa.

La instalación está compuesta por una caseta para el operador (pantry, baño, panel eléctrico), una caseta de celdas, y el transformador, una caseta para el grupo electrógeno, un foso de bombas, así como registros para caudalímetro, válvulas y pitometría.

### Bombas:

Actualmente la estación presenta tres bombas en explotación que laboran cada 8h automáticamente conectadas en paralelo. Las bombas suministradas son de la firma Caprari, su modelo es E12S55NW/1-Z y tipo MAC850-9.

Marca	Modelo	Tipo	# impelentes	Q(l/s)	H(m)	Eficiencia(%)	País
Caprari	E12S55NW/1Z	MAC850-9	2	70	35	85	Italia
Caprari	E12S55NW/1Z	MAC85010	2	70	35	85	Italia
Caprari	E12S55NW/1Z	MAC85011	2	70	35	85	Italia

**Tabla 9: Características de las bombas en la Estación de rebombeo “Cayo las Brujas”.**

Con el objetivo de hacer la menor inversión posible se decidió no hacer un tanque rompe carga y a la vez montar bombas en instalación Booster.

Las bombas Booster actualmente en la estación de rebombeo no se encuentran en explotación.

### **Válvula controladora de bomba:**

Las válvulas controladoras de bomba, son accesorios que tienen dos funciones: la primera es arrancar y apagar la bomba y la segunda es la de evitar el retroceso del flujo (check).

Estas válvulas están cerradas cuando las bombas estén apagadas, al mandar a arrancar el equipo, también se energiza un solenoide que viene incorporado al circuito hidráulico de la válvula que le permite ir abriendo con la presión de la bomba hasta llegar a la apertura deseada. Cuando se manda apagar la bomba lo que se hace es desenergizar el solenoide del circuito hidráulico de la válvula, con esto se logra invertir su circuito, de forma tal que la válvula se cierra con la presión de la bomba hasta una posición donde se emite una señal automática al panel, que manda a apagar la bomba.

La segunda función entra automáticamente en uso cuando falla el fluido eléctrico en la estación de bombeo y es que en éste momento esta funciona como una válvula de retención, o sea, evita que retroceda el flujo, cumpliendo la función de check.

Para la realización del proyecto se usó la válvula modelo SINGER 106 PG.

En estos momentos las válvulas controladoras de bomba para esta estación de rebombeo son de Dn250 mm.

### **Válvulas de cierre:**

Existen actualmente en la estación de rebombeo dos modelos (diámetro) de válvulas de cuña, 6 válvulas de Dn250 mm y Pn1, 00 MPa (3 para la succión y 3 para la presión) y una de Dn400 mm y Pn1, 00 MPa. Las válvulas Dn250 mm tienen la función de permitir mantenimiento o reparaciones en cada una de las líneas, ya sea en la de succión como en la descarga o sea: reparar la bomba, la válvula controladora o sustituir algún soporte. Las tres válvulas de Dn250 mm en la descarga y la de Dn400 mm tienen la función de permitir la sustitución del caudalímetro.

### **Tubo de montaje:**

En la estación de rebombeo se montarán tres tubos de montaje de igual diseños. Estos accesorios se ubicarán entre las válvulas controladora y la de cuña de la línea

de presión. Éstos tienen la función de permitir el montaje y desmontaje del resto de los accesorios en caso de mantenimiento o sustitución.

Actualmente en la estación no existen los tubos de montajes proyectados.

### **Caudalímetro:**

Se utilizarán caudalímetros electromagnéticos con señal en la pizarra de mando y control, de Dn400 mm y Pn1, 00 MPa. Éste tiene la función de registrar el caudal entregado por la estación. Con su lectura y con las de los manómetros ubicados en la succión y en la presión se podrá tener una mejor explotación del sistema.

En la estación de rebombeo existen dos caudalímetros, uno en la pizarra de mando y control y otro en el conducto de salida marca Endress+Hauser.

El caudalímetro de la pizarra de mando y control presenta problemas en la exactitud de la lectura del caudal en circulación.

### **Manómetros:**

Estos accesorios permiten censar la presión a la que está trabajando la tubería y a la vez permite determinar cuál es el punto de operación de las bombas, en conjunto con el caudalímetro. Los que se montarán son de escala de 0 a 1,00 MPa, en la presión, y de 0 a 0,60 MPa, en la succión, éstos llevan una válvula de bola entre la tubería y el instrumento, de forma que se garantice su vida útil, así como su desmontaje en caso que sea necesario.

Actualmente en la estación existen tres manómetros, uno en la presión de entrada, otro en la presión de salida y un tercero en la presión de inteligencia.

### **Soportes de válvula y caudalímetro:**

Este subconjunto tiene la función de soportar el peso de las válvulas y del caudalímetro electromagnético, así como eliminar, o disminuir, cualquier esfuerzo que pueda producirse en la válvula controladora producto al cambio de dirección del flujo dentro de esta.

Se debe agregar que estas piezas, en esta estación de rebombeo, tienen una importancia primordial ya que parte de los conductos son de PEAD y este es un material con un módulo de elasticidad de primer orden (E) muy bajo ( $1600 \text{ kg/cm}^2$ ), lo que implica grandes deformaciones y baja su rigidez.

**Barandas:**

Estas tienen la función de garantizar la protección del personal que trabaja en la estación de rebombeo, así como los encargados del mantenimiento. Estas se fabricaron de tubo de 50 mm de diámetro y barras redondas de 16 mm, ambas de acero al carbono. El tubo es para los postes de estas y para el pasamanos, el cual presenta una forma lo más suave posible para evitar accidentes por golpes accidentales.

**Protección anticorrosiva:**

Todas las superficies de las piezas de acero al carbono son limpiadas de todo vestigio de óxido y cualquier otra suciedad, además se le aplican dos manos de pintura anticorrosiva y dos de pintura de esmalte.

**Mantenimiento y reparación:**

Se debe revisar que no existan salideros en las válvulas, que las bombas funcionen correctamente, o sea, que no vibren, no hagan ruido, y entreguen el gasto y la carga necesaria, que las tuberías y accesorios estén bien pintados. Además con cierta periodicidad se debe comprobar la calibración de la válvula controladora y del caudalímetro, se deben comprobar además con cierta periodicidad los manómetros ubicados sobre la bomba para saber si la misma trabaja correctamente.

En la estación de rebombeo se cumple con el mantenimiento y reparación de los accesorios y equipos en explotación.

**2.2.5 Tanques de regulación:****Tanque de regulación TSM-1:**

Tanques de distribución del agua de Base de Apoyo, Unidad Turística las Dunas y Unidad Turística La Estrella. Con capacidad de 2800 m<sup>3</sup> de agua. Desde estos se distribuye el agua en tres circuitos, un primer circuito hacia Base de Apoyo, un segundo hacia la Unidad Turística las Dunas y un tercero hacia Unidad Turística la Estrella.

Los tanques tienen una altura de alrededor de cinco metros. Se conoce el nivel del tanque por medio de una solución artesanal implementada por los trabajadores de la instalación. Existe un registro hidráulico a la entrada de los tanques donde hay conectado un caudalímetro electromagnético marca ABB

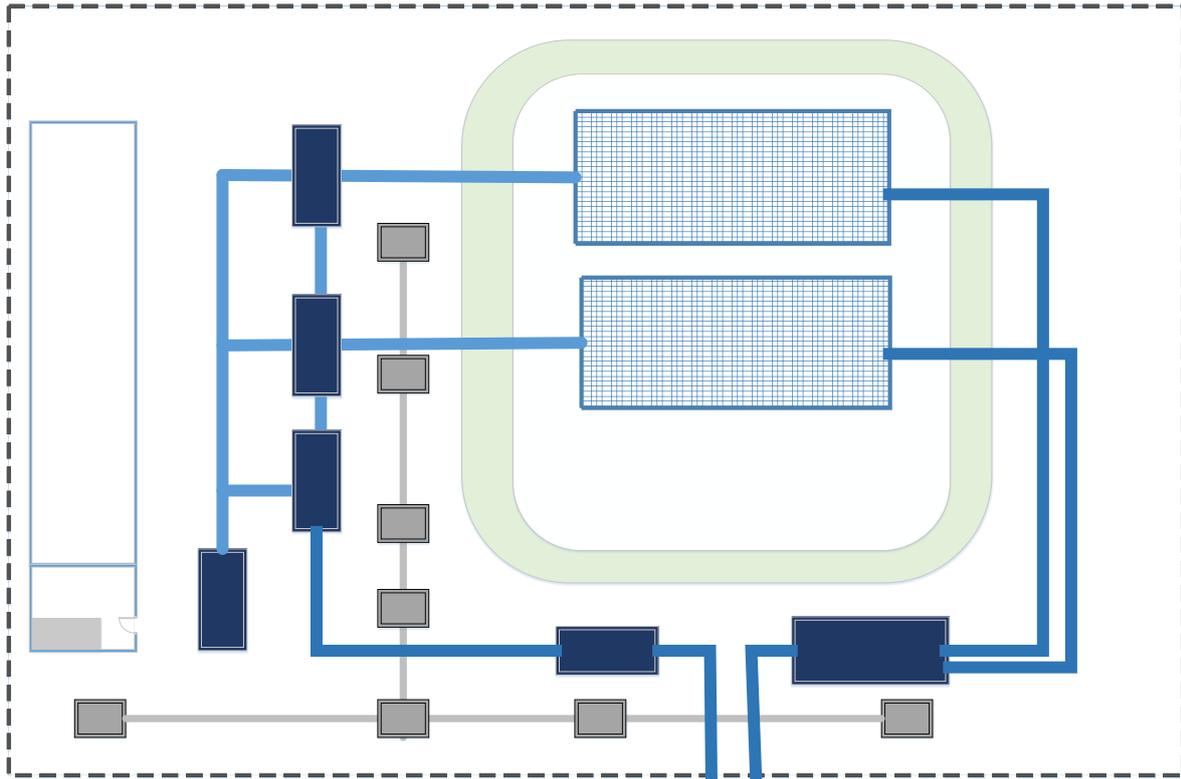
con un visualizador que actualmente no muestra el dato del caudal real. Posteriormente en esta tubería DN 300 existe una válvula motorizada y posterior a ella hay tres derivaciones de la tubería cada una de ellas DN 200 correspondiente a cada tanques dos en explotación y un tercero que aun no se ha construido. En cada derivación hay una válvula motorizada con un actuador multivuelas para servicio de regulación, marca AUMA de entrada .Dichas válvulas están en mal estado solo existe la posibilidad de reutilizar una que habría que dictaminar su estado técnico para su posible reutilización.

Existe un local donde se encuentran instalado un panel donde se encuentran las pantallas de visualización de las lecturas de los caudalímetros de entrada y salida de la instalación ABB.

El tanque TSM-1 presenta dos módulos con volumen de 1400 m<sup>3</sup> cada uno.

Depósito	Cantidad de módulos	Cota de fondo	Nivel agua contra incendio	Nivel agua máximo	Cota entrada	Altura máxima del agua	Volumen contra incendio	Volumen Total
TSM-1	2	15m	15,17m	19,20m	19.4m	4,20m	115m <sup>3</sup>	2800m <sup>3</sup>

**Tabla 10: Datos del tanque TSM-1**



**Figura 8: Croquis de Tanque TSM-1.**

**Problemas existentes en el tanque TSM-1:**

- El volumen total de almacenamiento de las cisternas de los usuarios es mucho mayor que la capacidad de los tanques de regulación, esto unido a que no se controla la entrada de agua a las cisternas en esta situación de déficit de agua, se produce fácilmente el desequilibrio del sistema.
- No se electrificaron las válvulas de operación ni se le colocaron los lectores de nivel, todo esto complica la operación del tanque.
- En este mismo tanque no se respeta el nivel de agua contra incendios.

**Tanque de regulación TSM-2(Lagunas del Este):**

El tanque se alimenta desde la conductora principal procedente de la tierra firme, Caibarién. Tiene una altura de cinco metros.

Existe un registro hidráulico a la entrada del tanque donde hay conectado un caudalímetro electromagnético marca SIEMENS con un visualizador local. Otro registro similar existe para la salida del tanque con otro caudalímetro electromagnético marca SIEMENS.

Están conectadas válvulas manuales para entrada y salida del tanque así como para el desagüe del mismo. Cada registro hidráulico tiene asociado un registro eléctrico con excepción del registro hidráulico de las válvulas de salida del tanque. Los diámetros de las tuberías de entrada y salida son DN 300.

Existe un local en la garita del operador donde se encuentran instalado un panel eléctrico y uno de control de válvulas eléctricas, con la canalización y el cableado hasta sus respectivos registros, solo que las válvulas instaladas son manual.

Depósito	Cantidad de módulos	Cota de fondo	Nivel agua contra incendio	Nivel agua máximo	Cota entrada	Altura máxima del agua	Volumen contra incendio	Volumen Total
TSM-2	1	15m	15,17m	20 m	20,2 m	4,20m	105m3	2400 m3

**Tabla 11: Datos del tanque TSM-2.**

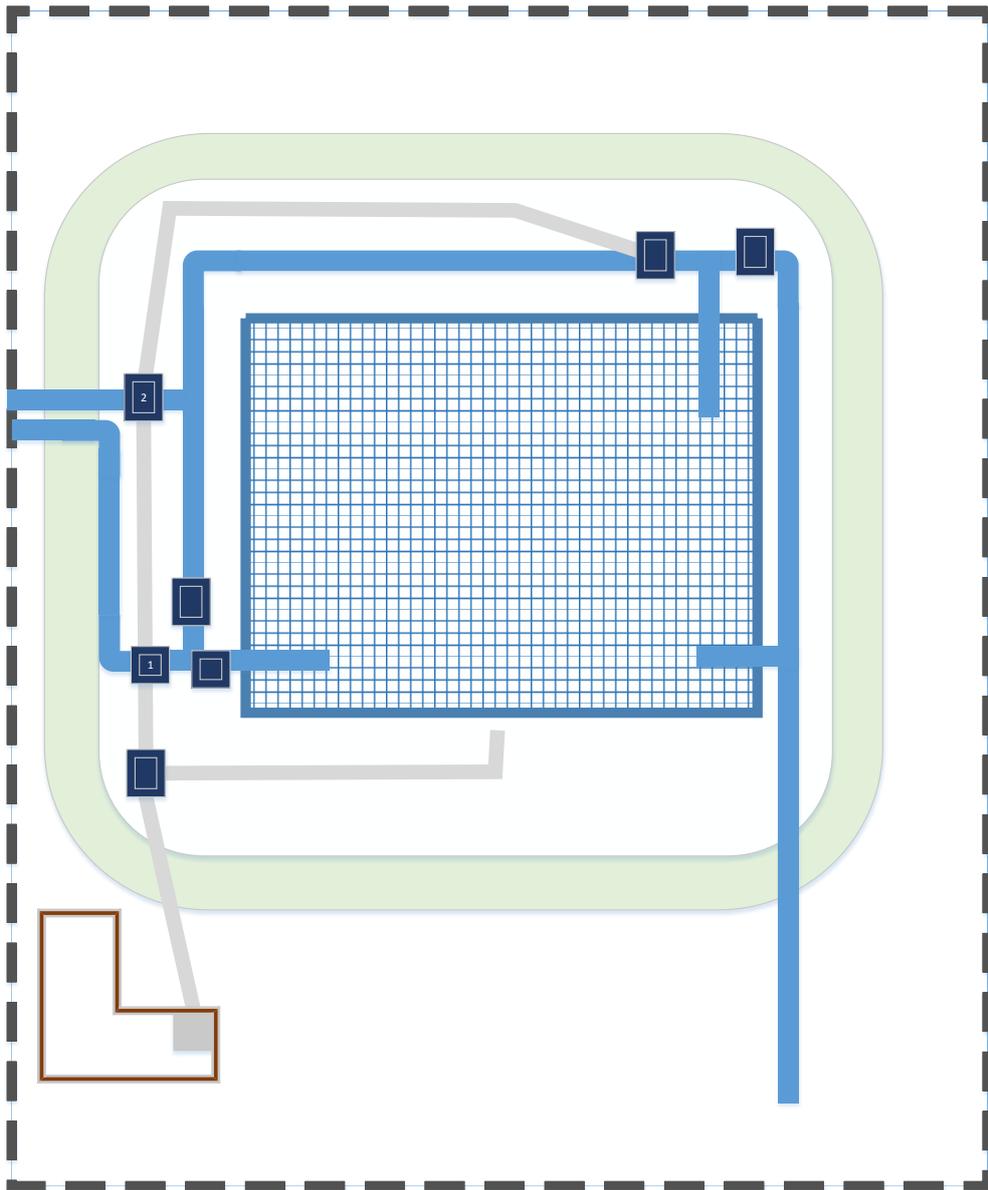


Figura 9: Croquis del Tanque TSM-2.

### Evaluación de los riesgos y medidas a aplicar en los tanques de regulación:

<b>Peligro</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Medidas a aplicar</b>
Contaminación del agua	- Salideros y roturas.	Reparar rápidamente las averías.
Interrupción del suministro de agua	- Falta de control en los tanques.  - No se cumple con el nivel de agua contra incendios.  - Salideros y roturas en los depósitos.	Electrificar las válvulas, verificar el funcionamiento del caudalímetro y capacitar al personal.  Operar correctamente la válvula del registro de salida.  Garantizar una supervisión constante del estado de los depósitos.

**Tabla 12: Riesgos y medidas a aplicar en los tanques de regulación.**

#### **Conclusiones Parciales del capítulo:**

La evaluación de los diferentes objetos de obra, siguiendo lo especificado en los proyectos, garantizará el correcto funcionamiento de los mismos y existirá una mayor garantía de abasto a las instalaciones turísticas del Cayo Santa María, durante toda su vida útil, optimizando los costos y minimizando los mantenimientos.

## **Capítulo 3: Propuestas y mejoras.**

### **3.1 Introducción:**

Las 5 865 habitaciones actualmente en servicio en la Cayería demandan 8 922,39 m<sup>3</sup>/d, debido a los sobreconsumos que presentan, en cambio si el consumo de las mismas estuviera de acorde con lo establecido por el INRH el volumen demandado solo sería de 5 981,61 m<sup>3</sup>/d o sea casi dos tercio de los consumos actuales.

Continúan incrementándose el número de instalaciones hoteleras que demandan más agua lo que obliga a un funcionamiento eficiente del sistema.

Por otra parte los aumentos de presiones en la línea contribuyen a un aumento de las averías y por tanto las fugas de agua.

Hoy las acciones se toman por apreciaciones del hombre, el cual tiene que recorrer grandes distancias para hacer mediciones en la red hidráulica y ejecutar acciones sobre la misma. Estas acciones se efectúan con muy baja frecuencia y en muchas ocasiones no es posible determinar las causas puntuales de los sobreconsumos de agua.

Entonces para contribuir a hacer un uso racional del agua proponemos un sistema automatizado-sectorizado y conjunto de soluciones que permitirán localizar salideros, identificar perdidas, disminuir consumos, evitar roturas por aumento de presiones, mejorar la calidad del servicio de abasto, redistribuir eficientemente el agua y además facilitar y humanizar la actividad del hombre.

### **3.2 Propuesta de soluciones técnicas:**

En el capítulo número dos de este trabajo se verificó el estado y descripción de los diferentes objetos de obra existentes en el sistema de abasto al Cayo Santa María donde se detectaron varias dificultades técnicas que afectan la eficiencia del abasto de agua a las diferentes instalaciones en explotación para el polo turístico.

En correspondencia con lo antes dicho se propone un conjunto de soluciones técnicas basadas en el óptimo funcionamiento del sistema de abasto Cayo Santa María:

1-Sustitución de las válvulas manuales que existen aguas arriba de las bombas que se encuentran en explotación en la estación de bombeo de la fuente N° 1 “Dolores” por electroválvulas las cuales forman parte del sistema de automatización del acueducto Cayo Santa María.

2-Sustitución del caudalímetro electromagnético marca ABB que se encuentra presente en la estación de bombeo de la fuente N° 1 “Dolores” por un caudalímetro de inserción electromagnético marca HydrINS 2.

### **Caudalímetro electromagnético de inserción HydrINS 2:**

El HydrINS 2 es una solución económica ampliamente utilizado en todo el mundo, en diámetros permanentes o temporales en el tubo de 100 a más de 2000 mm, debido a su facilidad de instalación y uso. Entre sus áreas de aplicación se encuentran las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, sistemas de agua potable y riego.

El HydrINS 2 consta con un sensor electromagnético de alta precisión con electrodos de acero inoxidable, con lo cual se mejora la medición. Su diseño mecánico elimina los riesgos de rotura, con un eje a través terminado por un tope también en acero inoxidable, asegurando la durabilidad.

Posee un transmisor integrado en la cabeza de la sonda.

En este caudalímetro el procesamiento de señal digital ofrece la opción de un gran número de mediciones y estrategias de muestreo. El control de la calidad de la señal hace que sea adecuado para todas las aplicaciones y permite la medición de bajas velocidades de hasta 2 cm / s.

Está montado sobre un tubo reforzado equipado con canal de anti-eyección y un anillo de sujeción, una marca de inserción para facilitar el montaje del medidor de caudal en una tubería apoyado de forma segura. Está alimentado por baterías de litio para un alcance de hasta 10 años, o de forma continua mediante una fuente de alimentación externa.

El HydrINS 2 se puede instalar tanto en estación fija puntualmente como parte de un diagnóstico utilizando una válvula suposición simple, 1 "BSP, sin interrumpir el suministro de agua.

### **Beneficios operacionales del HydrINS 2:**

- Instalación fácil.
- De fácil extracción y calibración.
- Adaptabilidad a una amplia gama de diámetros.
- Autonomía de 4 a 10 años.
- Calidad de la señal para la medición de baja velocidad.
- Permite una amplia variedad de estrategias de medición y modos de muestreos.



**Figura 10: Caudalímetro electromagnético de inserción HydrINS 2.**

3-Sustitución de los sensores de presión que existen antes y después de las válvulas motorizadas existentes en la estación de bombeo de la fuente N° 1 “Dolores” por nuevos sensores marca WIKA que se encuentren en buen estado técnico.

4-Sustitución del caudalímetro que se encuentra en la pizarra de mando y control de la estación de rebombeo “Cayo las Brujas” por un nuevo caudalímetro marca ABB que no presente problemas en la exactitud de las lecturas del caudal de circulación.

5-Ubicación de registros pitométricos antes y después de la estación de bombeo "Cayo las Brujas".

6-Sustitución o reparación del caudalímetro que se encuentra conectado en el registro hidráulico de la entrada a los tanques (TSM-1).

7-Sustitución de las válvulas motorizadas que se encuentran en las derivaciones de los tanques (TSM-1) o reutilización de una nueva válvula que habría que dictaminar su estado técnico.

8-Ampliación de los tanques (TSM-1) y el tanque (TSM-2) que abastecen la Base de Apoyo, Unidad Turística las Dunas, Unidad Turística La Estrella y Lagunas del Este respectivamente, debido a que la demanda de las instalaciones hoteleras y demás usuarios es mayor que el volumen de dichos tanques.

9-Sectorización y automatización del sistema de abasto Cayo Santamaría.

### **3.3 Sectorización del sistema de abasto Cayo Santa María:**

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado del Cayo Santa María, explotadora del sistema de abasto de la cayería norte tiene previsto proponer a la Delegación de Recursos Hidráulicos de Villa Clara un conjunto de medidas o soluciones con criterios técnicos para la sectorización del sistema de abasto del Cayo Santa María permitiendo de esta forma un abasto mejor balanceado y controlado, entre las que se encuentran:

-Colocación de un registro pitométricos en cada acceso al sector.

-Colocación al menos un manómetro medidor de presiones inferiores a 6,0 bar en cada de los sectores propuestos.

-Automatización del sistema desde la propia Estación de Bombeo.

-Automatización de los tanques TSM-1 y TSM-2.

-Colocación de válvulas de aire en redes y en los registros de clientes.

#### **Sectorización:**

Proceso de subdivisión de las redes de distribución de un sistema de acueducto en extensiones de territorio relativamente pequeñas, delimitadas física e hidráulicamente, cuyo volumen de entradas de suministro de agua a la red de distribución está controlada.

### **Objetivos de la Sectorización:**

- Conocimiento de las variables de red de acueducto.
- Bases para control de distribución (Caudales y Presiones).
- Elaborara sectores óptimos de presión.
- Mejorar la calidad del servicio (Continuidad y Calidad).
- Estructurar el plan operativo de racionamiento para control de emergencia.
- Elaboración direccionada de planes de renovación de redes.
- Localizar posibles acometidas ilegales.
- Realizar un mejor análisis de los aspectos comerciales.

### **Ventajas:**

- 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 máximas de los usuarios.
  - El modelo de simulación del comportamiento hidráulico para los consumos medidos.
  - Modelos de simulación del comportamiento hidráulico para situaciones de contingencia
- Permite 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 de consumo de agua por tipo de usuario.

- Proporciona conformar rutas de lectura de hidrómetros y de facturación del servicio de abasto exclusivas del sector hidrométrico que permitan el análisis y la reducción de las pérdidas físicas y comerciales y de las cuentas por cobrar.
- Crear las bases de datos de clientes y las estadísticas del comportamiento histórico del consumo medido y facturado.
- Es factible alcanzar un mejor equilibrio en la relación suministro – consumo medido – consumo facturado – demanda.
- Realizar estudios para determinar el comportamiento de demandas promedio y horarias para establecer curvas de modulación del comportamiento horario de las demandas de abasto 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.
- Permite la correcta toma de decisiones ante contingencias y los potenciales riesgos generados por eventos naturales extremos.

#### **Activación de la Sectorización:**

- Cierres en la zona para verificar el aislamiento.
- Asociación de usuarios de la sectorización.
- Recorrido de los límites.
- Chequeo de presiones del sector.
- Entrega al personal Operativo.
- Demarcar en el plano los límites que se establecieron en el diseño.
- Preparar copias de los límites para que las zonas de revisión demarquen los usuarios que queden sin agua con el cierre del sector.
- De acuerdo al recurso humano disponible y la magnitud del sector, se establece el tiempo de cierre del sector.
- Información al sector afectado mediante Sala de Despacho y Puestos de Mando de la programación del cierre.

- Cierre y verificación del límite.
- Asociación de Clientes de la sectorización, sistematización en el sistema comercial.

### **Control del Rendimiento:**

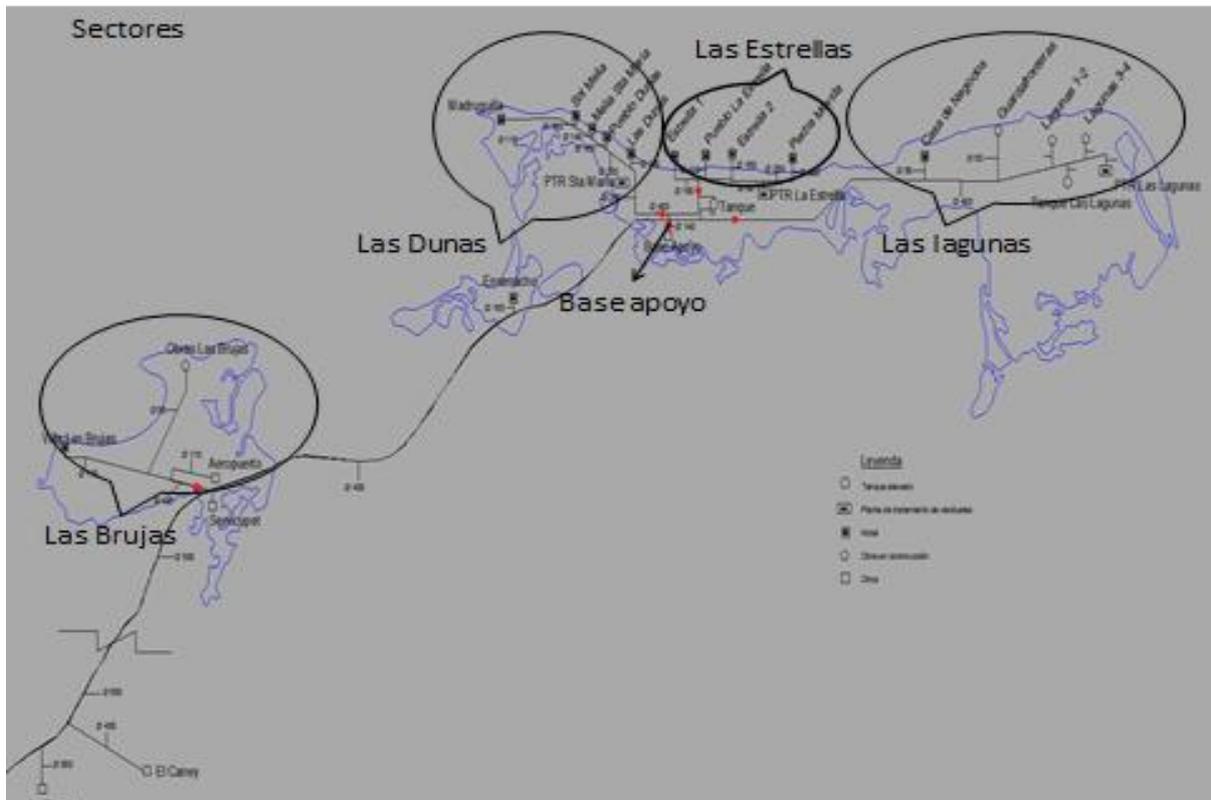
- Consiste en analizar permanentemente los caudales que entran y la facturación de la zona para determinar el índice de agua no contabilizada.
- Estudio de las presiones y caudales en el sector para ajustes en la distribución.
- Estudio del consumo de los grandes consumidores.
- Implementar acciones técnicas, de mantenimientos y comerciales en las que presentan mayor oportunidad de recuperación del agua no contabilizada.

### **Resultados esperados con la sectorización:**

- Análisis de las pérdidas volumétricas.
- Ahorro producido por la nueva regulación de presiones.
- Ahorro producido por la reducción en la probabilidad de ocurrencia de rotura y fugas.
- Disminución del tiempo de respuesta al fallo.

### **Sectores Habilitados en el Cayo Santa María:**

- 1- Las Brujas.
- 2- Las Dunas.
- 3- Base de Apoyo.
- 4- Las Estrellas.
- 5- Lagunas del Este.



**Figura 11: Sectores Habilitados en el Cayo Santa María.**

### **3.4 Automatización del sistema de abasto Cayo Santa María:**

La propuesta para la automatización del acueducto de Cayo Santa María permitirá la tele gestión desde un centro de control de las variables de interés de cada uno de los objetos a automatizar como las estaciones de bombeo, estación de rebombeo, tanques y registros hidrométricos de algunos puntos estratégicos en la conductora.

El centro de Control y Supervisión del Acueducto se comunicará de forma inalámbrica con las estaciones de bombeo, estación de rebombeo, tanques de distribución y puntos de interés del acueducto. Desde este se tele-gestionará de forma automática el valor de cada una de las variables de los objetos a supervisar y se controlaran su funcionamiento. La información recibida será almacenada en una base de datos, la que posteriormente será registrada, consultada y visualizada por los usuarios del sistema (técnicos, directivos, operadores).

La transmisión de datos entre el centro de control y las terminales remotas ubicadas en los objetos a automatizar estará soportada sobre la WAN del INRH y

empleará como soporte inalámbrico el servicio GSM/GPRS de ETECSA con el APN de recursos hidráulico.

La operación y el control de las estaciones de bombeo, será mediante un sistema de automatización local, en cada una de ellas se ubicará una estación remota, la cual recogerá información de las principales variables de operación con el objetivo de enviar al Centro de Supervisión y Control, cuando sean interrogadas vía inalámbrica GPRS, para que sean visualizadas y almacenadas en la computadora Central de la sala de Despacho en la Base de Apoyo. Los estados de las bombas podrán ser modificada desde la sala de despacho.

En determinados puntos de medición se instalará Terminal de operador, en la que se visualizarán todas las variables definidas en cada sistema, con el objetivo de que los técnicos responsables tengan información, además de poder mostrar el funcionamiento de las estaciones de bombeo, rebombeo y tanques de distribución. Toda esta información será del tipo solo lectura, es decir se podrán visualizar pero no modificar o actuar sobre ellas.

#### **Objetivos Técnicos:**

- Establecimiento de un Sistema de Supervisión y Control moderno que permita la operación de forma automática del Sistema del Acueducto.
- Implementar un Sistema de Supervisión y Control distribuido que garantice la gestión remota desde el centro de dirección ubicado en las instalaciones del Acueducto en Base de Apoyo, de las variables de interés (presión, gasto, nivel, etc)de los objetos a automatizar.
- Implementar un proyecto de comunicaciones que sirva como soporte al sistema automático proyectado.
- Garantizar el uso de instrumentación de control que respondan a los estándares internacionales y utilizados en este tipo de aplicaciones.
- Implementar un sistema con tecnología uniforme en cada objeto a automatizar para garantizar la modularidad de los equipos lo cual facilite la reparación, mantenimiento y sostenibilidad en el tiempo.

## **Objetos a controlar y supervisar en todas las etapas:**

### **1-Estación de bombeo La Fuente "Dolores":**

Supervisión desde sala de despacho del estado de las bombas. Medición y supervisión local y remota del caudal además la presión a la salida de las bombas. Medición local de los Niveles de los pozos. Supervisión de estos niveles local y remoto (sala de despacho).

### **2-Estación de bombeo El Caney:**

Supervisión desde sala de despacho del estado de las bombas. Medición y supervisión local y remota del caudal además la presión a la salida de las bombas. Medición local de los Niveles de los pozos. Supervisión de estos niveles local y remoto (sala de despacho).

### **3-Puente # 2:**

Se prevé medir en la conductora al lado de la policía a la entrada del mar. Aquí se mediría presión y caudal, se supervisarían local y remoto en la sala de despacho.

### **4-Punto # 9:**

Se prevé medir en la conductora en el puente # 9. Aquí se mediría presión y caudal, se supervisarían local y remoto en la sala de despacho.

### **5-Sector las Brujas:**

Medición y supervisión local y remota del caudal de salida de las bombas. Medición y supervisión local y remota de la presión a la salida de las bombas.

### **6-Ensenachos:**

Medición y supervisión local y remota del caudal y la presión a la entrada del cliente en ruta.

### **7-Sector Las Dunas:**

Medición y supervisión local y remota del caudal y la presión en la derivación del Tanque TSM-1 hacia las Dunas. Manipulación local de una válvula de control para regular el suministro de agua al sector.

### **8-Base de Apoyo:**

Medición y supervisión local y remota del caudal además la presión en la derivación del Tanque TSM-1 hacia la Base de Apoyo. Manipulación remota de una válvula de control para regular el suministro de agua al sector.

### **9-Sector La Estrella:**

Medición y supervisión local y remota del caudal y la presión en la derivación de tanque TSM-1 hacia la Estrella. Manipulación remota de una válvula de control para regular el suministro de agua al sector.

### **10-Tanques TSM-1:**

Medición y supervisión local y remota de los niveles en los tanques. Medición y supervisión local y remota del caudal a la entrada y a la salida de los tanques. Medición y supervisión local y remota de la presión a la entrada del tanque

### **11-Desalinizadora:**

Medición y supervisión local y remota del caudal a la salida de la desalinizadora. Manipulación remota de una válvula de control para regular el suministro de agua al sector. Laguna del Este1. Medición y supervisión local y remota de la presión a salida de la desalinizadora.

### **12-Salida TSM-1 Derivación hacia Dunas Base Apoyo:**

Manipulación remota de una válvula de control para regular el suministro de agua a los dos sectores.

### **13-Tanque (TSM-2) “Lagunas del Este”:**

Medición y supervisión local y remota del nivel en el tanque. Medición y supervisión local y remota del caudal a la entrada y a la salida del tanque.

Medición y supervisión local y remota de la presión a la entrada del tanque.

### **Centro de Control (Despacho):**

El Centro de Control o Sala de despacho se ubicará en las instalaciones del acueducto localizados en la Base de Apoyo. Aquí se ubicará una PC con un software de supervisión instalado.

### **3.4.1 Sistema de Instrumentación y Control del Proceso de Automatización en los Objetos de Obra.**

#### **Estación de bombeo Fuente N° 1 “Dolores”:**

En la estación será ubicado un panel de control donde se encontrará un PLC que recolecta, almacena el valor de las variables como el caudal de salida de la estación, la presión a la salida de las bombas, el nivel del pozo . En el mismo se montará un panel de operador para la visualización local de las variables de interés para el operador. El PLC seleccionado debe tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor del caudal, las presiones a la sala de despacho y se puedan comandar las bombas desde la misma. En este lugar se verificó que existe cobertura de tecnología celular según pruebas efectuadas, aunque la señal es débil por lo que se debe utilizar antenas de alta ganancia.

#### **Estación de bombeo Fuente N° 2 “El Caney”:**

En esta estación será ubicado un panel de control donde se encontrará un PLC que recolecta, almacena el valor de las variables como el caudal de salida de la estación, la presión a la salida de las bombas, el nivel del pozo . En el mismo se montará un panel de operador para la visualización local de las variables de interés para el operador. El PLC seleccionado debe tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor de las variables a la sala de despacho.

#### **Punto a la entrada del Pedraplén Puente #2:**

El PLC seleccionado debe tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor del caudal, las presiones a la sala de despacho. En este lugar se verificó que existe cobertura de tecnología celular según pruebas efectuadas, aunque la señal es débil por lo que se debe utilizar antenas elevada.

#### **Punto en el Puente #9:**

Los sensores seleccionados deben tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor del caudal, las presiones a la sala de despacho. En este lugar se verificó que existe cobertura de tecnología celular según pruebas efectuadas, la señal es normal.

### **Sector las Brujas:**

El PLC seleccionado debe tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor del caudal, las presiones a la sala de despacho.

### **Estación de Rebombéo "Las Brujas":**

En esta estación será ubicado en el local de la pizarra eléctrica un panel de control donde se encontrará un PLC que recolectará, almacenará el valor de las variables como el caudal de salida de la estación, la presión a la salida de las bombas. En el mismo se montará un panel de operador para la visualización local de las variables de interés para el operador. En este lugar la cobertura tecnológica es muy buena.

### **Ensenachos:**

En este lugar se verificó que existe cobertura de tecnología celular, la señal es muy buena. Los sensores seleccionados deben tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que por esta vía se pueda transmitir el valor del caudal, las presiones a la sala de despacho.

### **Tanques TSM-1:**

El PLC recolectará y almacenará el valor de las variables como el caudal y la presión los cuales serán transmitidos a la sala de despacho.

### **Sector La Estrella:**

Como el PLC sería el mismo que se utilice para el tanque TSM1, el PLC debe cumplir con los requisitos necesarios de entradas –salidas del sistema en TSM1 y sector las Estrellas, además que se pueda comandar vía remota la válvula del sector.

### **Base de Apoyo:**

El PLC seleccionado debe tener una interfaz de comunicación con un modem GPRS para que se pueda comandar vía remota la válvula y se puedan transmitir a la sala de despacho los valores de las variables.

### **Las Dunas:**

En este lugar la señal es normal en cuanto a la cobertura tecnológica por tanto los sensores seleccionados transmitirán los valores de las variables a la sala de despacho.

La válvula debe ser de Control de Flujo operada hidráulicamente, controlada por piloto de control, que previene el exceso de caudal limitando el flujo a un rango máximo predeterminado, sin importar el cambio de presión en la línea. El piloto de control responde a un diferencial de presión producida a través de un plato de orificio instalado en la descarga de la válvula. Un control confiable es asegurado aun con cambios muy pequeños en el controlador de diferencial de presión que produce una acción correctiva inmediata en la válvula principal. Las calibraciones de rango de flujo se controlan girando el tornillo de ajuste en el piloto de control, posterior a esto una válvula de aire conectada a una válvula manual.

### **Tanque (TSM-2) “ Las Lagunas ”:**

En este punto la señal de la cobertura tecnológica es muy buena por tanto el PLS seleccionado no ha de presentar problemas en la transmisión de los valores de las variables a la sala de despacho.

#### **3.4.2 Tecnología Propuesta:**

Para el funcionamiento óptimo y automatizado del sistema de abasto Cayo Santa María se propone la utilización de instrumentos de firmas a nivel mundial con experiencias en las aplicaciones de medición en acueductos.

#### **Medición de Flujo:**

Además del HydrINS 2 ya propuesto anteriormente para la medición de flujo se propone utilizar el medidor de flujo autónomo con alimentación de corriente por batería interna o externa. Con comunicaciones inalámbricas. (GSM)



**Figura 12: Medidor de flujo GSM.**

### Medición de Nivel:

Para la medición de Nivel de los pozos se propone utilizar sondas de nivel hidrostáticos SALIDA 4-20mA.



**Figura 13: Sondas de nivel hidrostático.**

### Medición de presión:

Para la medición de presión se utilizarán transmisores de presión para medir presiones absolutas y relativas en el rango de 0-10 o 0-16 bar.



**Figura 14: Transmisor de presión.**

### Actuadores:

Para la regulación de los flujos de agua en la salida de impulsión de las bombas se propone utilizar válvulas de diafragmas, diseñadas para instalarse en la descarga de los equipos de bombeo para eliminar los transitorios en la línea causados por el arranque y paro de la bomba.



**Figura 15: Válvula de diafragmas.**

En la salida y entrada de los tanques y de las estaciones de bombeos y puntos de sectorización, se propone utilizar válvulas motorizadas con actuador trifásico, con regulación, con límites de carreras y mando manual.



**Figura 16: Válvula motorizada con actuador trifásico.**

#### **Conclusiones Parciales de Capítulo:**

- El procedimiento desarrollado para la rehabilitación y la intervención constructiva en el sistema de abasto de agua potable constituye una adecuada herramienta operacional para la ejecución de proyectos de rehabilitación en este tipo de obras.
- Las herramientas asociadas al procedimiento para el análisis energético de las redes de abasto al desplegarse como resultado de la sectorización y automatización propuesta contribuyen a definir el planteamiento definitivo del concepto de sectorización y automatización en una red de abasto de agua potable.
- La calibración del sistema de abasto constituye un paso de importancia extraordinaria para garantizar una rehabilitación técnica y económica de las redes de abasto del Cayo Santa María.

## **Conclusiones:**

A partir de los análisis realizados en el desarrollo de la presente investigación se pudo arribar a las siguientes conclusiones:

1-El correcto desarrollo del estado del arte, hizo posible caracterizar los fenómenos asociados al objeto de estudio, además de las nuevas tendencias y formas de dar solución teniendo en cuenta el contexto de desarrollo de las nuevas tecnologías.

2-Las soluciones técnicas deben estar basadas en tecnologías apropiadas, con un mantenimiento sencillo para asegurar la sostenibilidad técnica de los proyectos.

3-La calibración del sistema de abasto constituye un paso de importancia extraordinaria para garantizar una rehabilitación técnica y económica de las redes de abasto del Cayo Santa María.

4- Las visitas realizadas en la segunda etapa de la investigación a los diferentes objetos de obra arrojaron resultados que dieron a conocer los diferentes problemas técnicos existentes, lo que condujo a la propuesta de la tecnología apropiada así como de un conjunto de soluciones para el óptimo funcionamiento del sistema de abasto del Cayo Santa María.

## **Recomendaciones:**

Dado el alcance de la presente investigación proponemos a modo de recomendación los siguientes aspectos:

-Generalizar los estudios e investigaciones de los Sistemas de Abasto en las Empresas de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos con un alcance territorial con vista de obtener una mayor experiencia y poder extender estos estudios a nivel nacional.

-Acueducto debe tener recurso y personal técnico especializado en los temas de automática, comunicaciones, informática para que se integren al grupo de trabajo en la etapa de proyecto, montaje y puesta en marcha de la automatización del Sistema de Abasto.

- Evaluar posibles soluciones para los puntos en los cuales no exista cobertura GSM conectividad a través de enlaces dedicados para el correcto funcionamiento del sistema instalado.

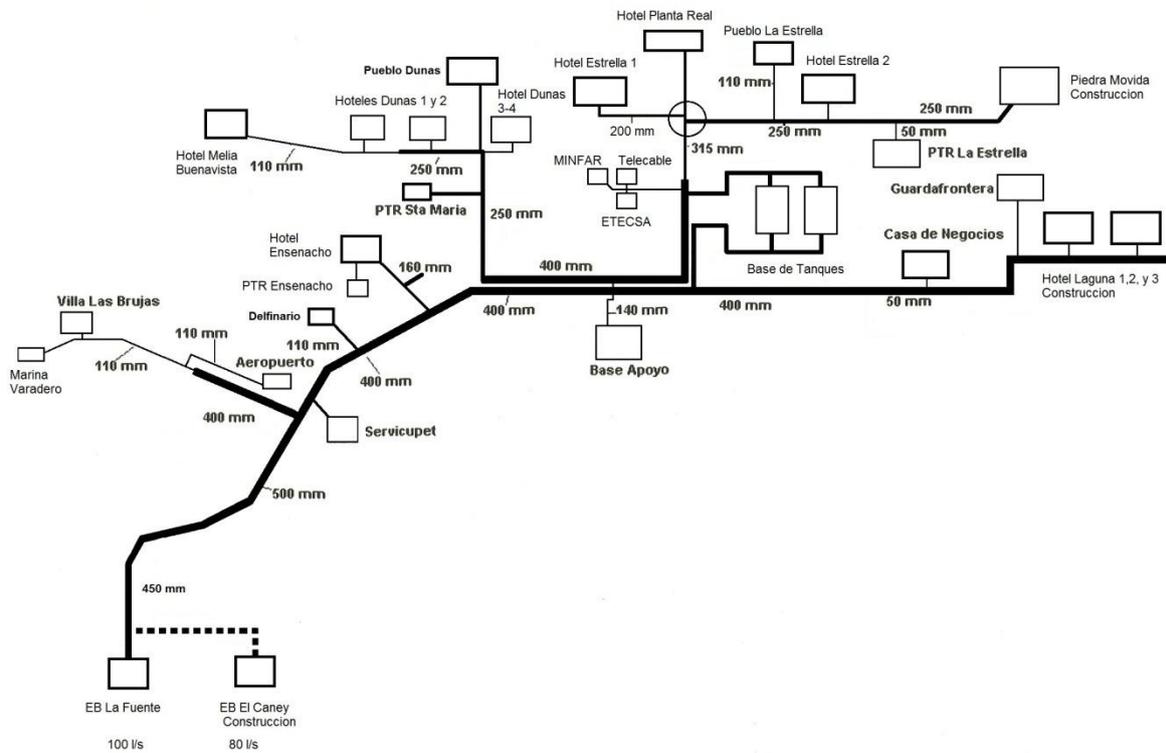
- Realizar un mantenimiento periódico y sistemático a los diferentes objetos de obra que forman parte del Acueducto Cayo Santa María.

## Bibliografía:

- Barlow, M. (2006). El Oro Azul.
- Cambell, E., Pérez-García, R., Izquierdo, J., Ayala-Cabrera, D. (2013). Metodología para la sectorización de redes de abastecimiento de agua potable
- Custodio, E, y Llamas, M.R., Omega, 1996 Hidrología subterránea.
- Francisco Rodríguez de la Lastra, marzo 2013 Proyecto Estación de Rebombeco "Las Brujas".
- Ignacio Salvador Villa, S. O. J., Elisenda Realp Campals (2005). Abastecimiento de Agua y Sanamiento:Tecnología para el desarrollo humano.
- INRH, 2014 "Política Nacional del Agua".
- Leiva, M. R. P. (2001). El agua en emergencia de una nueva época.
- Luis Manuel Pulido Sarduy, 2015 Estación de bombeo La Fuente 2 "El Caney".
- Maureen Ballester, E. B., Andrei Joureuleu, Ulrich Kuffner (Marzo 2005). Administración del agua en América Latina:situación actual y perpecrivas.
- Mercy García Méndez, Lic. Mirelys Gonzales García, septiembre 2013 Proyecto Explotación "Conductora de Abasto Cayo Santamaría.
- Monsalve Sáenz, Alfaomega, México, 1999 Hidrología en la ingeniería.
- Monzón Sánchez, A. (2012). Proyecto de operaciones del acueducto de la ciudad de Santiago de Cuba.
- NC.827-2012 Agua Potable-Requisitos Sanitarios.
- NC.973-2013 Determinación de la demanda de agua potable.
- NC.1021-2014 Calidad y protección sanitaria.
- Salvador Rodríguez de la Lastra ,2015 Proyecto Explotación Estación de bombeo La Fuente 2 "El Caney".
- Valle, R. B. (2005). Agua y Saneamiento.
- Yanel Llanes Pozo, diciembre 2013 Proyecto "Tanque tercera Unidad".

## Anexos:

CROQUIS SISTEMA ABASTO A CAYO SANTA MARIA Y REDES



### Anexo 1: Croquis del Sistema de Abasto Cayo Santa María.



### Anexo 2: Estación de bombeo "La Fuente".



**Anexo 3: Estación de bombeo "El Caney".**



**Anexo 4: Estación de Rebombeo "Las Brujas".**



**Anexo 5: Tanques TSM-I.**



**Anexo 6: Tanque TSM-2(Lagunas del Este).**