



Facultad de Construcciones
Departamento de Ingeniería Hidráulica

Ideas básicas para el diseño de un sistema de
abastecimiento de agua potable para la
comunidad La Magdalena del municipio Guamá |

TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico

Autor:

Neuris Bruno Nieto Estrada

Tutores:

DrC. Liber Galbán Rodríguez

MSc. Marino Muñoz Aguilar

JULIO 2020

INFORME REFERATIVO

AGRADECIMIENTOS

- ✓ Agradezco de forma especial a mis tutores, profesores Dr.C. Liber Galbán Rodríguez, y EL MSc. Marino Muñoz Aguilar, por su atención, apoyo y ayuda incondicional.
- ✓ A todos los profesores y trabajadores de la Facultad de Construcciones por formarme profesional y personalmente.
- ✓ A todos mis compañeros de aula que juntos pudimos seguir adelante hasta nuestra graduación.
- ✓ A todos mis familiares que de una forma u otra han aportado algo para que se lograra este sueño, en especial a mí niño Ángel Brayan y a mi esposa por su apoyo incondicional, gracias a ellos este sueño es una realidad
- ✓ A mis abuelas en especial a Cergia Osaría Maceo que no está aquí físicamente pero que sin su apoyo me hubiera sido muy difícil culminar satisfactoriamente estos años de esfuerzo.

INFORME REFERATIVO

Resumen:

De acuerdo con las prioridades establecidas por el gobierno municipal del municipio Guamá ubicado al este en la provincia Santiago de Cuba, una de las comunidades que necesita un estudio integral de sus fuentes de agua y sistema de abastecimiento para mejorar el servicio de agua potable a su población es la Comunidad “La Magdalena”, ubicada en los límites con la provincia Granma.

En este trabajo se realiza el estudio y proyecto preliminar para un nuevo sistema de abastecimiento de agua en esta comunidad, a partir de métodos indirectos que emplean herramientas informáticas, softwares profesionales y un conjunto de normativas actuales para estos tipos de acciones.

La aplicación de estos métodos logra proponer las ideas conceptuales para el rediseño del sistema de abastecimiento de agua doméstico de la comunidad La Magdalena, que sirve como material para la toma de decisiones locales.

INFORME REFERATIVO

Abstract:

In accordance with the priorities established by the municipal government of the Guamá municipality located to the east in the Santiago de Cuba province, one of the communities that needs a comprehensive study of its water sources and supply system to improve drinking water service to its population is the "La Magdalena" Community, located on the borders with the Granma province.

In this work, the study and preliminary project for a new water supply system in this community is carried out, using indirect methods that use computer tools, professional software and a set of current regulations for these types of actions. The application of these methods manages to propose conceptual ideas for the redesign of the La Magdalena community's domestic water supply system, which serves as material for local decision-making.

INFORME REFERATIVO

ÍNDICE:

Introducción.	5
Antecedentes y situación problemática.	5
CAPÍTULO 1: condiciones y características generales del objeto de trabajo previas a su realización.	9
CAPÍTULO 2: Metodologías de cálculo y medios empleados.....	15
CAPÍTULO 3: análisis de los resultados.....	17
3.1 Elementos relacionados al estudio hidrológico para determinar el cierre óptimo en el río La Magdalena y los caudales posibles de explotar reduciendo los daños ecológicos aguas abajo.	17
3.2 Diseño conceptual de la red de abastecimiento hasta los consumidores domésticos.....	20
3.3 Registro de las actividades constructivas a desarrollar.	32
3.4 Recomendaciones iniciales para el establecimiento de un plan de abasto que tenga en cuenta las fuentes superficiales y subterráneas para la gestión eficiente del recurso agua por la población de la zona.....	35
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

INFORME REFERATIVO

INTRODUCCIÓN.

- **Entidad (organización) que solicita el trabajo:** Proyecto “Desarrollo integral en comunidades montañosas del municipio guamá en Santiago de Cuba”. 2020 – 2022. Proyecto territorial del CITMA Santiago de Cuba. Código: 9008
- **Fecha de solicitud:** 15/11/2019
- **Organización a la que se le solicita el trabajo:** Departamento de Ingeniería hidráulica. Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente.
- **Fecha de aprobación de la solicitud:** 4/02/2020
- **Período de realización del trabajo:** 1/03/2020 – 1/06/2020
- **Personal técnico que realizó el trabajo:**

Nombre y apellidos	Cargo
Est. Neuris Bruno Nieto Estrada	Diplomante. 5to año. Ingeniería Hidráulica
DrC. Liber Galbán Rodríguez	Tutor. Departamento de Ingeniería hidráulica. Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente.
MSc. Marino Muñoz Aguilar	Tutor. Departamento de Ingeniería hidráulica. Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente.

Antecedentes y situación problemática.

Cuando se habla de abastecimiento adecuado de agua se hace referencia a la cantidad de líquido disponible y a su calidad. Por eso, es importante la implementación de programas de provisión de agua potable, que implican su obtención, su purificación y ponerla al alcance de los usuarios. Según INRH (2014), en Cuba prácticamente la totalidad de la población (un 96%) tiene acceso al agua potable y cuenta con servicios básicos de saneamiento. La infraestructura hidráulica ha crecido, de 43 millones de metros cúbicos en 1959, hasta 9 000 millones, y actualmente son ejecutados importantes proyectos de trasvase de este preciado líquido.

Para Cuba, el consumo de agua orientado a la satisfacción de las principales necesidades (bebida y cocina) ha sido estimado según el clima y accesibilidad

INFORME REFERATIVO

entre 80 y 150L/h/d. (NC 973: 2013); y al igual que muchos otros países en vías de desarrollo, presenta un número importante de comunidades rurales con necesidades primarias no cubiertas. Entre los servicios elementales inexistentes de estas comunidades rurales, destaca el no tener acceso al agua potable o un acceso limitado a este recurso.

De acuerdo con las prioridades establecidas por el gobierno municipal de Guamá, una de las comunidades que necesita un estudio integral de sus fuentes de agua y sistema de abastecimiento para mejorar el servicio de agua potable a su población es la Comunidad “La Magdalena”.

El municipio Guamá de la provincia Santiago de Cuba, se caracteriza por poseer un gran número de comunidades rurales aisladas, en las que se desarrollaron en los años 80 del siglo XX, distintos proyectos de abastecimiento de agua. Hoy debido al crecimiento demográfico experimentado por estas comunidades, estos sistemas no son suficientes, además de no cubrir la demanda en diseño debido al crecimiento de las viviendas y establecimientos en estas comunidades, así como el desarrollo de actividad agrícola extensiva.

Para atender esta problemática, fue aprobado por la Delegación provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el proyecto territorial titulado “Desarrollo integral en comunidades montañosas del municipio Guamá en Santiago de Cuba”, a desarrollarse entre los años 2020 y 2022. Una de las tareas de este proyecto consiste en estudiar, proyectar y mejorar los sistemas de abastecimiento de agua a esta comunidad para su posterior desarrollo sostenible.

En esta comunidad con anterioridad fueron ejecutadas distintas acciones para resolver el problema del agua potable para consumo humano, entre las principales están:

1. Diseño y ejecución de una red de abasto que básicamente extrae agua subterránea hasta un tanque colector del cual cargan el agua los moradores de la zona, y además sirve para la agricultura. Este fue ejecutado por un proyecto del PNUD en 1996 con alimentación fotovoltaica para el sistema de bombeo.
2. Ejecución de una toma de agua de agua en la parte baja del río en 2012 para las actividades domésticas de la cooperativa existente, que luego en 2017 se extendió la conducción hasta el poblado actual.

INFORME REFERATIVO

El crecimiento demográfico, de viviendas y establecimientos experimentado por esta comunidad en particular y, el acceso a una agricultura de carácter extensivo inexistente en el pasado siglo XX, hace que estos esfuerzos no sean suficientes ni eficientes. (Figura 1)



Figura 1. Imagen satelital de la comunidad La Magdalena en el municipio Guamá donde se observa el desarrollo de nuevas construcciones.

Por otro lado, el acuífero costero de donde se extraen las aguas subterráneas con frecuencia tiende a salinizarse por su sobreexplotación en temporada seca del año, cuando el río La Magdalena permanece seco en sus últimos 5 kilómetros.

Problema de Investigación: Necesidad de incremento del servicio de agua potable para el abastecimiento doméstico de la comunidad La Magdalena del municipio Guamá.

Objeto de investigación: El servicio de agua potable para el abastecimiento doméstico de la comunidad La Magdalena del municipio Guamá

Campo de Acción: Sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad La Magdalena del municipio Guamá.

Objetivo general: Proponer las ideas conceptuales para el rediseño del de abastecimiento de agua potable de uso doméstico para la comunidad La

INFORME REFERATIVO

Magdalena del municipio Guamá, que sirva como material básico para la toma de decisiones locales.

Objetivos específicos:

- 1- Caracterizar las necesidades actuales de abastecimiento de agua potable de uso doméstico para la comunidad La Magdalena del municipio Guamá.
- 2- Declarar la metodología de trabajo para un diseño conceptual de un nuevo sistema de abastecimiento para la comunidad La Magdalena del municipio Guamá, y declarar los resultados preliminares de su aplicación.

Hipótesis: Si se proponen las ideas conceptuales para el rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable de uso doméstico para la comunidad La Magdalena del municipio Guamá, se podrá contribuir a la toma de decisiones locales posteriores para resolver esta problemática.

CAPÍTULO 1: CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL OBJETO DE TRABAJO PREVIAS SU REALIZACIÓN.

La Magdalena, comunidad perteneciente al municipio Guamá de la provincia Santiago de Cuba, fue creado entre los años 1992 y 1993 a raíz del proceso de creación de los consejos populares y los órganos locales del Poder Popular. Anteriormente formaba parte del término municipal del Cobre. Actualmente pertenece al Consejo Popular La Plata. La comunidad La Magdalena se encuentra ubicada al este del poblado de Chivirico en el municipio Guamá a 144km del municipio cabecera Santiago de Cuba. (Figura 2)

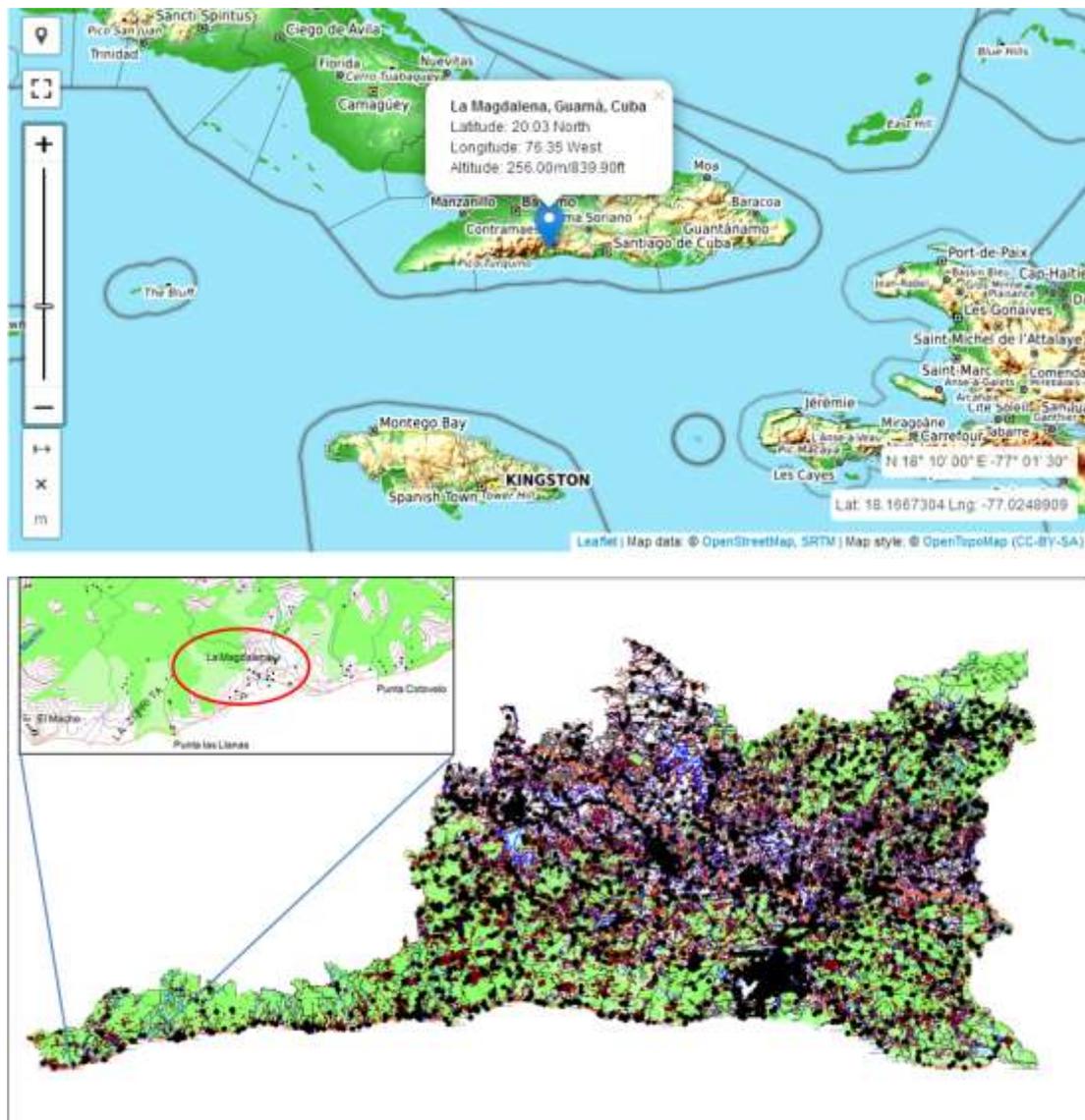


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de la comunidad La Magdalena en Cuba y en la provincia Santiago de Cuba.

Se extiende por una estrecha franja de 98.7 kilómetros cuadrados de superficie y su población asciende aproximadamente a 1419 habitantes distribuidos en

INFORME REFERATIVO

diversos asentamientos rurales. La densidad de población alcanza los 15.07 habitantes por km². Este consejo popular comparte parte del litoral del municipio en el cual está enclavado y, comprende además una pequeña porción del área montañosa del mismo correspondiente a la Sierra Maestra, macizo montañoso más importante de Cuba. (ecured, 2019)

- Al norte: Limita con el municipio Bartolomé Masó perteneciente a la provincia Granma.
- Al este: Limita con el Consejo Popular La Plata.
- Al sur: Está el Mar Caribe.
- Al oeste: Limita con el municipio Pílon de la provincia Granma.

Desde el triunfo de la Revolución el territorio ocupado por el hoy Comunidad La Magdalena, se impulsaron diversos programas para favorecer el desarrollo económico de este inhóspito paraje. La economía de la localidad se basa fundamentalmente en las labores agropecuarias, como la cría de ganado vacuno y los cultivos varios y en la explotación forestal.

Antes de 1959 en el territorio no existía ninguna escuela ni maestros públicos, prácticamente toda la población era analfabeta y de origen campesino. En la actualidad se alcanzan niveles superiores en la calidad de la enseñanza. En el consejo popular se ha construido varias escuelas primarias a las cuales tienen acceso todos los pobladores del lugar. El programa cultural desarrollado en el consejo popular está concebido a partir de las particularidades del territorio, sus condiciones de entorno y basado en la apreciación de los principios fundamentales que dan rigen la política cultural Cubana y que a su vez constituyen los fundamentos básicos de la promoción cultural. (ecured, 2019)

Existen varios terrenos deportivos creados en su totalidad por esfuerzo de los propios pobladores del lugar, entre los que se destaca el campo de pelota ubicado en el poblado de La Magdalena.

Los avances alcanzados en el terreno de la salud pública son incomparables con las condiciones existentes antes del Triunfo de la Revolución. El consejo cuenta con una red de instalaciones de salud compuesta por varios consultorios médicos de la familia. Además existen otras entidades representadas, entre ellas en la comunidad:

INFORME REFERATIVO

- 3 salas de Tv: 1 Magdalena, 1 Ciruelo, 1 Las Palmitas.
- Sala polifuncional Tv Joven Club.(Figura 3)
- 4 Escuelas primarias: 1 Magdalena, 1 en el Ciruelo, en montaña 1 en Rancho grande y 1 Caimanes.
- 1 UBPC
- 1 Consultorio
- 1 Farmacia
- 1 Panadería
- 1 Gastronomía
- 2 plantas de electrógenos
- 12 CDR
- 2 sistemas de bombeo de agua para la población.
- Casa del MININT



Figura 3. Imagen de la parte delantera del Joven club de la comunidad La Magdalena, con algunos pobladores beneficiados. <http://www.scu.jovenclub.cu/?author=2>

Este territorio tiene un relieve montañoso. Predominan depósitos rocosos del Paleoceno y el Eoceno con depósitos vulcanógenos y sedimentarios, interrumpidos en ocasiones por formaciones ígneas del Mesozoico con graboides y diabasas, del Cenozoico con basaltos y andesitas, así como granitos del Cenozoico, que son las que más aparecen en distintos puntos del territorio. Estas formaciones geológicas se corresponden con el relieve de la Sierra Maestra.

En el territorio se observa una casi total ausencia de superficies planas altas; predominan los procesos erosivos. El elevado grado de disección vertical y horizontal del territorio y el predominio de superficies con fuertes pendientes, influyen decisivamente en las posibilidades de mecanización, los costos de producción, las condiciones de trabajo, las limitaciones de las maquinarias agrícolas, los sistemas de irrigación y los costos de explotación.

El clima del territorio es tropical, aunque al estar situado al sur de la Sierra Maestra, predominan las condiciones de sequedad. La más extensa serranía cubana sirve de barrera natural a los vientos alisios que vienen cargados de humedad desde el Océano Atlántico. Al encontrarse con estas montañas, se ven obligados a elevarse, por tanto se condensan y se precipitan en su ladera norte, y al descender secos por la ladera sur, lugar donde se encuentra la

INFORME REFERATIVO

localidad, lo que propicia mayores condiciones de sequedad. También se debe recordar que la ladera sur de la Sierra Maestra está todo el año frente al Sol, y acentúa esas condiciones de escasa humedad. La temperatura promedio es de 26 grados Celsius siendo ligeramente más bajas en las zonas altas.

Los factores que determinan en lo fundamental la vida vegetal de este territorio, así como de toda la Sierra Maestra, son el relieve y la distancia al mar. En el mismo se observan los siguientes tipos de vegetación:

- Complejo de vegetación de pedregal ripario, vegetación muy abierta con hierbas, arbustos y árboles, su composición florística resulta relativamente pobre, su productividad es baja, viven en los pedregales y arenales.
- Complejo de vegetación de costa alta, está constituido principalmente por arbustos, tienen hierbas y carecen de árboles, su composición florística es pobre, su productividad es baja en las franjas costeras.
- Complejo de vegetación de playa, está constituido principalmente por arbusto, hierbas y plantas rastreras, carecen de árboles, su composición florística es pobre, con productividad baja, vive en las playas frente al mar.
- Formación de pluvisilva estacional, bosque de alturas relativamente grandes, con dos estratos arbóreos continuos.
- Formación de pinar, bosque donde el pino de la maestra resulta la especie arbórea dominante.
- Formación de manglar, bosque con cuatro especie de árboles y pobre flora, nulo en cuanto a plantas con semillas, vive en solo algunos tramos costeros, donde se producen inundaciones estacionales o permanente complejos de vegetación de ríos, ocupa el cause que corre permanentemente a casi su composición florística es relativamente simple y con gran peso de las algas, su productividad es alta.

Debido a las características del territorio y a la presencia de la Sierra Maestra, las redes hidrográficas son pequeñas, y en ocasiones aparecen diminutas cuencas que pertenecientes a ríos intermitentes. Los ríos son cortos, de escaso caudal y torrenciales. En la época de lluvia crecen, y pueden arrasar con todo lo que encuentren a su paso, incomunicando diversas comunidades. En La

INFORME REFERATIVO

Magdalena los ríos más importantes son La Magdalena, El Macho y El Macío (Figura 4)

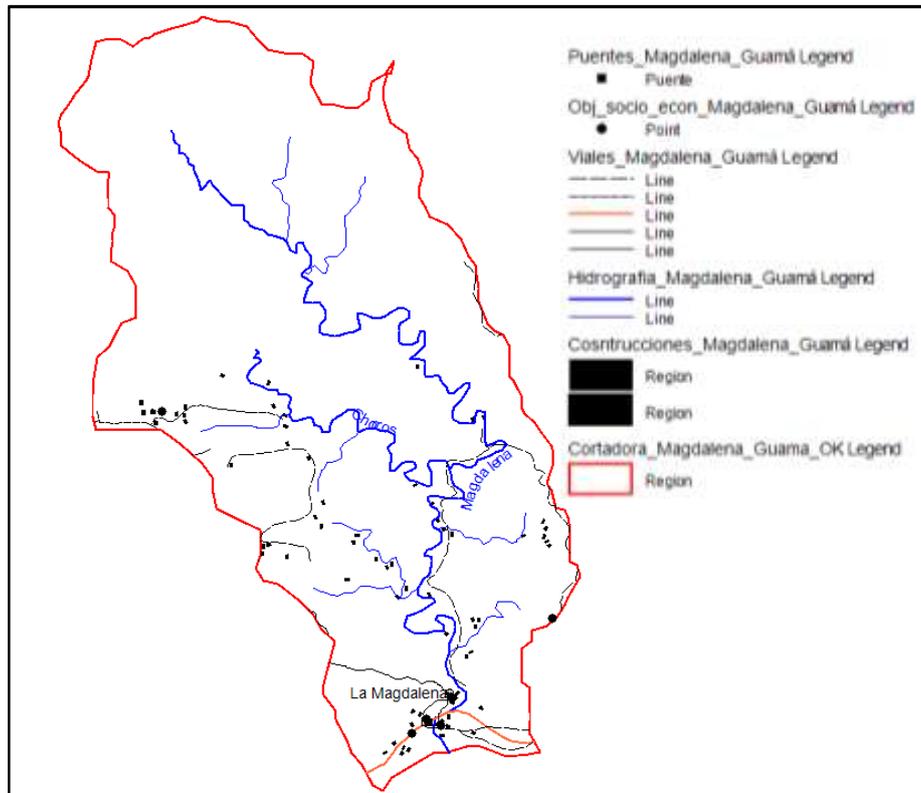


Figura 4. Mapa de la cuenca hidrográfica del río La Magdalena en el municipio Guamá. Es importante señalar que la comunidad La Magdalena cuenta actualmente con un sistema de abastecimiento de agua comprendido por 2 sistemas:

1. Una red de abasto que básicamente extrae agua subterránea hasta un tanque colector del cual cargan el agua los moradores de la zona, y además sirve para la agricultura, con alimentación fotovoltaica para el sistema de bombeo.(Figura 5)



Figura 5. Imagen de los pozos y las estaciones de bombeo para la extracción agua subterránea en la localidad de La Magdalena en el municipio Guamá.

2. Una toma de agua en la parte baja del río para las actividades domésticas de la cooperativa que se existente hasta el tanque de almacenamiento del poblado actual.(Figura 6)



Figura 6. Imagen de la instalación de la tubería desde la cooperativa hasta el poblado en 2017.

Dadas las condiciones climáticas antes descritas y las características del clima de la zona, el acuífero costero, tiende a salinizarse en tiempo de seca, además de no cubrir la demanda actual de la comunidad; igual sucede con la toma en la parte baja del río cercana a la cooperativa, la cual se seca por ser intermitente. Como se puede observar se hace necesario realizar un rediseño del sistema de basto teniendo en cuenta el actual crecimiento poblacional en la comunidad, el cual se ha incrementado en tres veces desde 2012.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍAS DE CÁLCULO Y MEDIOS EMPLEADOS.

Teniendo en cuenta las potencialidades de la cuenca hidrográfica del río La Magdalena y las necesidades hídricas de la región, se decidió proceder al diseño de un sistema de abastecimiento de agua con fuentes superficiales. Para ello se propone desarrollar en lo sucesivo las siguientes actividades:

1. Estudio hidrológico para determinar el cierre óptimo en el río La Magdalena y los caudales posibles de explotar reduciendo los daños ecológicos aguas abajo.
2. Diseño conceptual de la red de abastecimiento de agua potable hasta los consumidores domésticos.
3. Registro de las actividades constructivas a desarrollar.
4. Recomendaciones iniciales para el establecimiento de un plan de abasto que tenga en cuenta las fuentes superficiales y subterráneas para la gestión eficiente del recurso agua por la población de la zona.

Para poder realizar estas actividades es preciso emplear las siguientes metodologías, normativas y herramientas:

- Metodologías para determinar caudales hidrológicos en cuencas hidrográficas por métodos directos e indirectos.
- Norma de abastecimiento de agua potable per cápita para Cuba NC- 1021: 2014. Empleada para el diseño general de las condiciones que debe cumplir el nuevo sistema de abasto, así como para las recomendaciones de explotación y calidad del líquido.
- Manual de diseño e instalación de sistemas de tuberías de PAD.
- Manual PRECONS II, para el diseño y establecimiento de las actividades constructivas y cálculo básico de los materiales del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Herramientas digitales de procesamiento de la información.
 - Sistema de Información Geográfica (SIG) Mapinfo, versión 12.0
 - Microsoft office Word 2007.
 - Microsoft office Excel 2007.
 - Microsoft Epanet.

INFORME REFERATIVO

- Estudios actualizados de las necesidades de abasto en la zona de estudio a partir del censo de población realizado en el año 2012 y los datos actualizados del mismo.

Por otro lado se aclara que en el momento de realización del presente proyecto de tesis, no se pudo acceder a la comunidad de manera física, por lo que fueron empleados medios digitales e información preexistente tales como;

- Cartografía digital en un SIG a escala 1:25000 de la provincia Santiago de Cuba
- Uso de imágenes satelitales descargadas de la web (Google earth).
- Información previa de la comunidad y el actual sistema de abasto, ofrecida por la Empresa Aguas Santiago.

Esta información se considera actualizada debido a los objetos sociales de estas entidades pertenecientes al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

Además también deberán consultarse otras fuentes legales como:

1. Decreto - LEY NO. 201/1999. "Del sistema nacional de áreas protegidas"
2. Decreto - Ley No. 212/2000. "Gestión de la Zona Costera".
3. Decreto Ley No. 262/1999 "Reglamento para la compatibilización del desarrollo económico-social del país con los intereses de la defensa".
4. Decreto No. 327/2014 "Reglamento del proceso inversionista".
5. Ley No. 124/2017 "Ley de aguas terrestres".
6. Plan del Estado cubano para el enfrentamiento al cambio climático (Tarea vida).
7. Plan Hidráulico Nacional hasta 2030. INRH.2015.
8. Política Nacional de Agua. INRH, 2015.
9. Resolución 132/2009 del CITMA. "Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental".

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de la información obtenida y las posibilidades de realización de las tareas expuestas anteriormente, se describen los siguientes resultados que constituyen ideas básicas para la realización futura del proyecto y toma de decisiones en correspondencia con la situación planteada.

3.1 Elementos relacionados al estudio hidrológico para determinar el cierre óptimo en el río La Magdalena y los caudales posibles de explotar reduciendo los daños ecológicos aguas abajo.

A través de métodos indirectos descritos en la literatura, se aplican en un Sistema de Información Geográfica, obteniendo los modelos de escurrimiento por cada método hasta el cierre determinado.

Tabla 1. Características morfométricas generales de las cuencas obtenidos de la cuenca con el empleo de un SIG.

Cuencas	Coordenadas N E	Ac Km ²	H m	Yc o/o	Yr o/o	Dd Km/km ²	Lr K m	H 1 m	H 2 m	Clasi f
Rio La Magdalena Hasta el cierre seleccionado										

Leyenda:

A - Área de la cuenca en Km²

Hm- Altura media de la cuenca en m

Lr – Longitud del río en Km

H1 – Cota del nacimiento del río en msnm

Yr- Pendiente del río e o/oo

H2- Cota de la desembocadura del río msnm

Yc – Pendiente media de la cuenca o/oo

Dd – Densidad de Drenaje Km/Km²

La clasificación de las corrientes identifica si son permanentes (P) o intermitentes (I)

Tabla 2. Caudales aprovechables por diferentes métodos.

Método hidrológico	Caudal medio anual	Caudal medio mensual	Caudal medio semanal	Caudal medio diario	Caudal ecológico medio diario
Método racional					
Método de las curvas numéricas.					
III Variante de José Luis Batista.					
Fórmulas Clásicas.					
Fórmulas Hidrometeorológicas					
Entre otros.					

INFORME REFERATIVO

En función de lograr una mayor precisión se recomienda escoger una media de caudal de escurrimiento entre los métodos indirectos aplicados y su rectificación con métodos directos.

Es preciso señalar que la comunidad La Magdalena se encuentra ubicada en una zona protegida por regulaciones ambientales específicas, debido a que está ubicada en el Parque Nacional sierra Maestra” (Figura 7)



Figura 7. Imagen panorámica de un área del Parque Nacional sierra Maestra. Fuente: <https://k2h9h4x4.rocketcdn.me/wp-content/uploads/2017/05/Gran-Parque-Nacional-Sierra-Maestra-696x463.jpg>

Conociendo que la cuenca necesita continuar desarrollando el ecosistema aguas abajo del cierre seleccionado se debe determinar el caudal ecológico.

El caudal ecológico es aquel caudal que permite mantener, como mínimo, la vida de los peces que de manera natural habitan en un río, así como la vegetación de su ribera. Así pues, en aras de la protección del medio ambiente, se estableció la obligación de regular y planificar a conciencia los recursos hidrológicos de las diferentes cuencas, estableciendo un régimen de caudales específicos para cada río en función de sus características particulares.

El caudal ecológico tiene que mantener un adecuado hábitat, temperatura, oxígeno disuelto y química para organismos acuáticos, agua bebible para animales terrestres y humedad de suelos para plantas. La determinación del caudal ecológico se enfoca en la época seca y la época de humedad, ya que se considera un superávit de agua al ecosistema en la época de lluvias. Se deben estimar los caudales promedios en la época seca y época de humedad

INFORME REFERATIVO

en la zona de estudio que asemejen las condiciones iniciales de la cuenca antes de ser manipulada por represas y canales de derivación.

Este caudal ecológico se puede calcular a través del método de “Modelamiento hidrológico distribuido”, el cual toma en cuenta distribución de temperatura y precipitación. Puede predecir impactos de cambio climático y cambios en el caudal medio anual del río; además de poder ser calibrado con valores de la cuenca y sub-cuencas. (Figura 8)

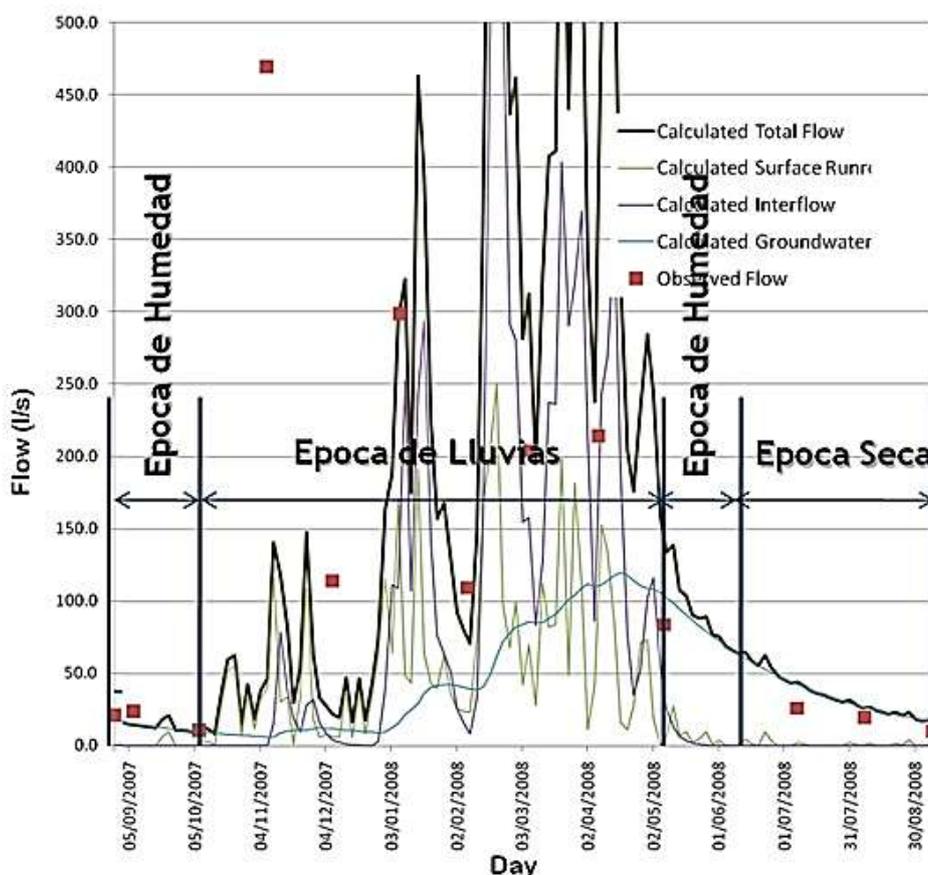


Figura 8. Ejemplo que se muestra en el método de “Modelamiento hidrológico distribuido” para determinación de caudales en la época húmeda y época seca con la curva de recesión luego del de las lluvias. Fuente: <http://gidahatari.com/ih-es/caudal-ecologico>

El método propone de forma general que el cálculo del caudal ecológico se puede realizar considerando los siguientes elementos:

- Cálculo más preciso y más complejo. Toma en cuenta distribución de temperatura y precipitación. Puede predecir impactos de cambio climático y cambio. Puede ser calibrado con valores de la cuenca y sub-cuencas.

INFORME REFERATIVO

- Modelamiento hidrológico totales (“lump”): Cálculo más sencillo y rápido, sólo puede ser calibrado sobre una cuenca. No toma en cuenta distribuciones de temperatura y precipitación.

Otra forma está descrita en el Memorando Múltiple 018-2012-ANA-DCPRH-ERH-SUP se define el caudal ecológico y sus metodologías para evaluarlo. Los principales cálculos a realizar son (según numeración del documento):

- ✓ Para cursos de agua con caudales medios anuales menores a 20 m³/s, el caudal ecológico será como mínimo el 10 % del caudal medio mensual para la época de avenida, y para la época de estiaje será de un 15 % del caudal medio mensual.
- ✓ Para cursos de agua con caudales medios anuales iguales o mayores a 20 m³/s y menores o iguales a 50 m³/s, el caudal ecológico se determinará como un porcentaje del caudal medio mensual siendo este el 10 % para la época de avenidas, y para la época de estiaje será de un 12 % del caudal medio mensual.
- ✓ Para cursos de agua con caudales medios anuales mayores a 50 m³/s, el caudal ecológico corresponderá al 10 % del caudal medio mensual para todos los meses del año.

3.2 Diseño conceptual de la red de abastecimiento hasta los consumidores domésticos.

Se pretende diseñar la red en tres pasos siguiendo un esquema genera (Figura 8):

- 1- Diseño de la obra de toma en el cierre del río.
- 2- Diseño de la conductora y sus partes componentes hasta los tanques de almacenamiento
- 3- Diseño de la red de abastecimiento hasta los consumidores domésticos.

INFORME REFERATIVO

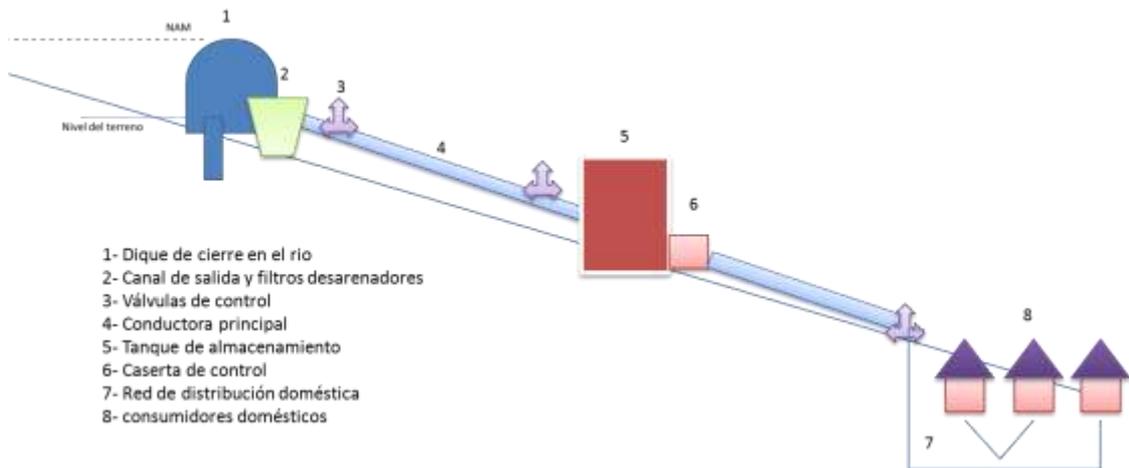


Figura 8. Esquema general del sistema de abastecimiento de agua diseñado para la comunidad La Magdalena. En el caso del cierre del río se recomienda emplear un dique de hormigón de tipo presa derivadora según se muestra en la figura 9.

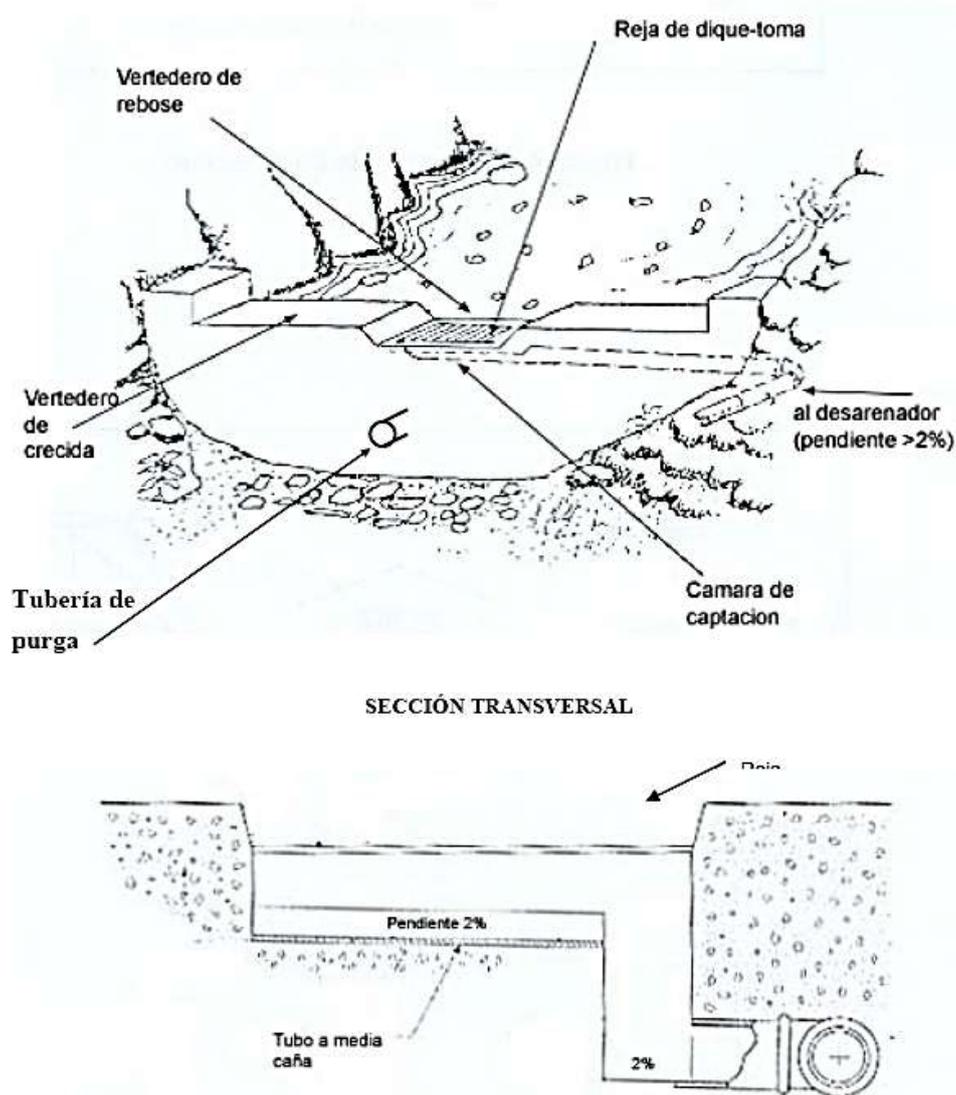


Figura 9. Captación en toma-dique

INFORME REFERATIVO

- Para las conductoras se deberá emplear tuberías de PAD, preferiblemente soterradas, debido a que la topografía es regular.
- Se deberá ejecutar una pequeña caseta de control para la actividad de acueducto anexa a los tanques.

Para la conductora se sugiere una vez determinados los caudales naturales, de explotación y ecológico, seleccionar sus dimensiones según manual de PAD. Con la topografía del terreno se calculan las presiones y modela con el software EPANET.

Teniendo en cuenta los caudales y los cálculos posteriores de los consumidores se calcula las dimensiones del tanque de almacenamiento.

Se dio la tarea de realizar el análisis de poblado rural La Magdalena con el fin de realizar una variante preliminar de un sistema de abasto de agua para el mismo como datos una foto satelital de dicha zona y los censos de población 2012 y 2020. De la imagen satelital se puede constatar que dicho poblado se encuentra diseminado en tres asentamientos o caseríos principales.

Según datos brindados por acueducto la entrega actual se realiza a partir de un tanque de la agricultura del cual solo se benefician 274 habitantes lo cual representa el 19,31% por ciento del total.

Se determinaron los coeficientes de crecimiento aritmético y geométrico a partir de los censos de población con el fin de determinar una población futura teniendo en cuenta un periodo de diseño promedio de 20 años, analizando la foto satelital y teniendo en cuenta la distribución que realiza en estos momentos acueducto hay caseríos o asentamientos que no están recibiendo ningún servicio de agua y los que lo reciben lo hacen con una válvula fuera de la vivienda.

Entonces se procede a realizar un trazado de red con vista a dar solución a la problemática planteada del análisis realizado se puede constatar que el asentamiento más alto no puede ser abastecido desde los tanques que existen en la actualidad por lo que se plantea la ubicación de un nuevo tanque que garantice el servicio a la totalidad de la población y dejar como reserva el otro tanque de acueducto e independizar el tanque de la agricultura (Figura 10).

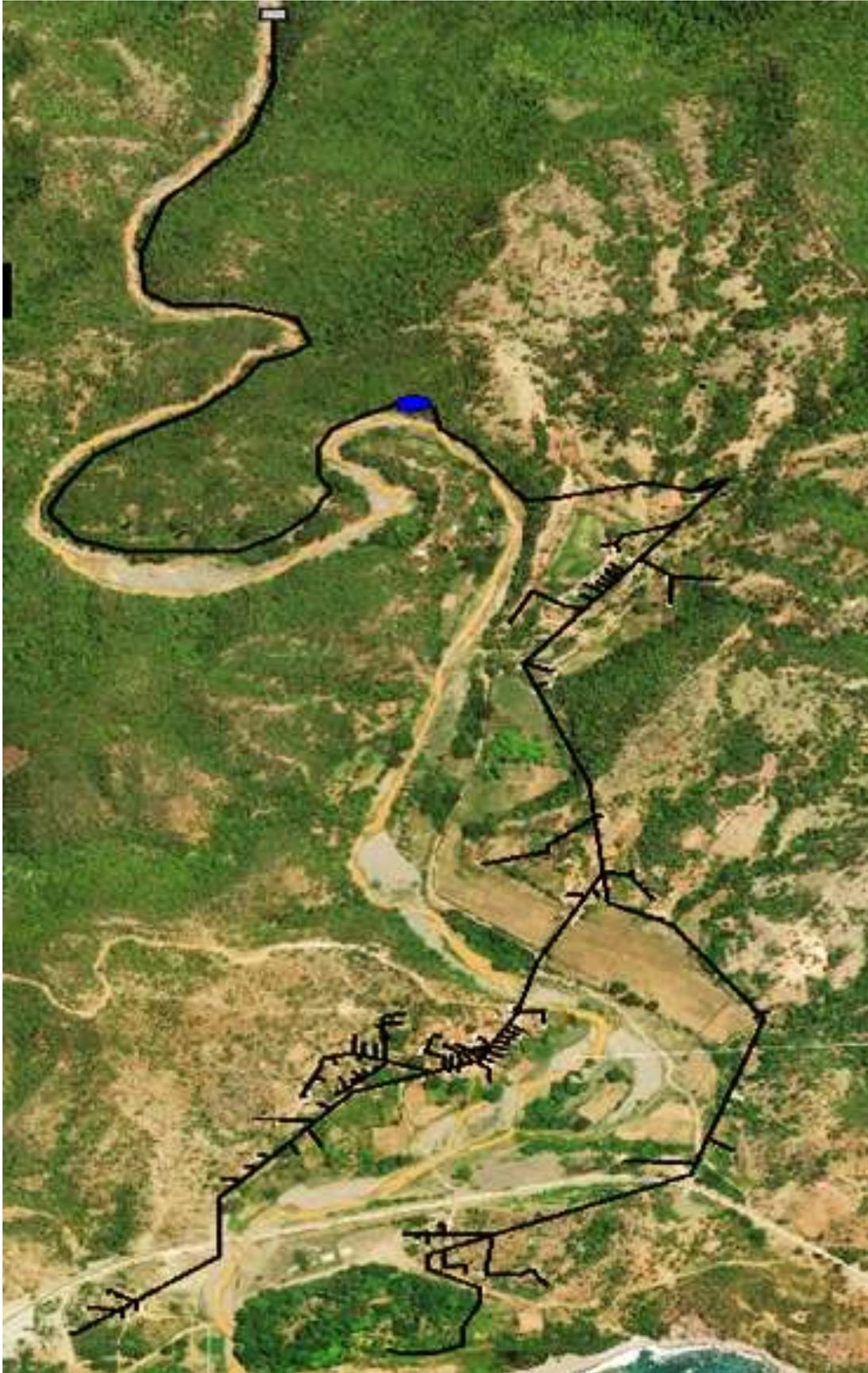


Figura 10. Trazado preliminar propuesto para la red abastecimiento de agua a la comunidad de La Magdalena.

INFORME REFERATIVO

La recolección inicial de datos se realizó empleando la información del censo de población y vivienda del año 2012, teniendo en cuenta una tasa de crecimiento de la población de un 8 % anual (considerada como apropiada para este tipo de estudios). En función de esto se estima lo siguiente:

- Población en el año 2012 (DPPF, 2020): 560 habitantes Población en el año 2012 (DPPF, 2020): 560 habitantes
- Población en el año 2020(DPPF, 2020): 1419 habitantes.
- Población futura para un periodo de diseño de 20 años: 3690 habitantes.

En el caso de la cantidad de viviendas y establecimientos, se determina por el uso actualizado de imágenes satelitales de alta resolución a escala 1:10000.

- Censo físico de viviendas y establecimientos: 225 (Figura 11)



Figura 10. Empleo de imagen satelital para realización del censo físico de viviendas en la comunidad de La Magdalena.

INFORME REFERATIVO

Se define como población futura o población de diseño, la población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño. La estimación de esta población es un aspecto principal en la definición del nivel de complejidad del sistema.

La población de diseño, se debe corresponder a la proyectada al final del periodo de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del proyecto.

Para obtener la población de diseño, es necesario recolectar los datos demográficos de la población, en especial los censos de población y los censos disponibles de suscriptores de acueducto y otros servicios públicos de la localidad o localidades similares. Con base a estos datos deben obtenerse los parámetros que determinen el crecimiento de la población. a continuación se muestran los cálculos realizados a partir del Método Aritmético:

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i * t}{100} \right) \qquad P_f = P_o + \frac{P_u - P_i}{T_u - T_i} t$$

Donde:

P_f: población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población, (hab)

P_o: población inicial, (hab)

i: índice de crecimiento anual poblacional (%)

t: número de años de estudio o período de diseño

P_u: población correspondiente al último año con información, (hab)

P_i: población correspondiente al año inicial con información, (hab)

T_u: año correspondiente al último año censado con información

T_i: año correspondiente al año inicial censado con información

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i * t}{100} \right) = 3690 \text{ habitantes}$$

P_o: 1419(hab)

i: 8(%)

t: 20 años

Calculo de la demanda

Se denomina como dotación a la cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, la que considera los usos

INFORME REFERATIVO

directos e indirectos de la población en una ciudad o poblado y en el que están contemplados los siguientes componentes del consumo:

- Consumo doméstico: Son los que se consumen dentro de la vivienda, incluyendo el riego de jardines y el lavado de autos
- Consumo comercial y público: Tiene en cuenta restaurantes, hoteles, comedores, barberías, peluquerías, oficinas, todo tipo de almacenes y comercios (consumo institucional).
- Consumo industrias locales: Contempla fábricas de helado, refrescos, tabaquerías y otros centros de carácter local
- Consumo propio del sistema: Tiene en cuenta la limpieza de filtros, tanques, conductoras e hidrantes
- Perdidas: Se considera una cierta cantidad que no llegará al usuario legal por roturas o usuarios no contabilizados o ilegales

En el caso de poblaciones rurales el INRH establece una metodología para acueductos rurales en la que se establecen diferentes rangos según el tipo de servicio brindado a la misma y que tienen un rango de 40 a 150 L/hab.d y que tiene la siguiente asignación:

- | | |
|---|---------------|
| • Tomas públicas | 40 ---80 lppd |
| • Tomas de patio e instalación domiciliaria | 80 –150 lppd |
| • Instalación domiciliaria completa | 150 lppd |

Factores que afectan la demanda

- **Clima:** Este tiene gran influencia en el consumo de agua ya que en los climas cálidos las necesidades del aseo personal tienden a aumentar la demanda en comparación con los países de climas fríos.
- **Nivel de vida y tamaño de la población:** A mayor nivel de vida el consumo aumenta ya que esto provoca necesidades adicionales a satisfacer, lo cuál también ocurre también con la población que al aumentar provoca que la demanda aumente ya que esta es directamente proporcional al número de habitantes.
- **Servicio de alcantarillado:** Una población sin servicio de alcantarillado tiende a consumir menos agua que aquel que lo posee, ya que la eliminación de las aguas negras se realiza con mayor dificultad

INFORME REFERATIVO

- **Actividad comercial e industrial:** Estas actividades especialmente las industriales tienen a aumentar considerablemente la demanda promedio. En ciudades altamente industrializadas la demanda puede llegar a depender en alto grado de esta demanda, llegando a ser su principal componente teniendo en cuenta el tipo de industria
- **Calidad del agua:** A mayor calidad mayor demanda.
- **Presión en el sistema:** A mayor presión mayor consumo
- **Perdidas en el sistema:** A mayores pérdidas independientemente donde ocurran aumentará la demanda en relación con la demanda efectiva del usuario
- **Costo del agua:** Al aumentar el valor del agua el consumo tiende a disminuir
- **Metraje del agua:** Cuando existe metraje el consumidor tiende a usar menos agua que cuando no se metra, ya que esto tiene una relación directa con el costo de la misma.

Influencia de la demanda zonal

Otro parámetro que puede afectar el consumo es la demanda zonal, lo cual se refiere a la variación de la demanda en diferentes zonas de una misma población, debido a la variación de la densidad de población. Es por ello que además de las cifras globales de demanda promedio y del número de habitantes, es necesario tener en cuenta en un proyecto de abastecimiento la concentración de usuarios de diferentes tipos en diversas zonas de la ciudad, las que pueden ser residenciales, comerciales, industriales o de uso público.

Variaciones de la demanda

Si se estudia el consumo de agua a lo largo del tiempo, se observa que existen variaciones a lo largo del mismo, estas variaciones pueden ser:

- **Anuales:** Estas tienden a tener poca variación pero siempre habrán cambios debido al aumento de la población, al establecimiento de nuevas industrias y comercios si se compara con años anteriores.
- **Mensuales:** Dependen fundamentalmente de las estaciones climatológicas, en Cuba en los meses comprendidos entre Junio y Agosto es superior a los que ocurren entre Noviembre y Febrero.

INFORME REFERATIVO

- **Semanales:** En este caso también influyen las condiciones climatológicas ya que en semanas de un mismo mes puede haber diferencias en el consumo.
- **Diarias:** En este caso la situación laboral de los componentes de la población ya que en la generalidad las actividades laborales cesan los fines de semana por lo que el consumo de los sábados y domingos tiende a disminuir.
- **Horarias:** En este caso hay una gran diferencia entre los consumos nocturnos y los diurnos, ya que muchas de las actividades cesan en el horario nocturno, además dentro del horario diurno también existen diferencias en relación a las actividades que se realizan dentro del hogar generándose los consumos picos al igual que ocurre con el consumo eléctrico.
- **Momentáneas o instantáneas:** Generalmente son generadas por situaciones excepcionales como son los incendios o roturas de conductoras.

En las poblaciones rurales se tendrá en cuenta la población de la misma. Con instalaciones dentro de la vivienda se tiene:

Población	K ₁	K ₂
< 500	1.3	1.2
> 500	1.1	1.2

Caudales de diseño

El caudal medio diario, Q_{md} , es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{d_{bruta} * P}{86400} \quad (\text{L/s})$$

P = Población: suministrada (número de habitantes).

d_{bruta} = Dotación del día medio anual (l/hab.d).

INFORME REFERATIVO

El caudal máximo del día de mayor consumo QMD se obtiene como producto del caudal medio diario Qmd por un coeficiente **k1** (coeficiente del día de mayor consumo):

$$QMD = Qmd * k1 \text{ (L/s)}$$

El caudal punta de un día cualquiera se obtiene como producto del caudal máximo del día en cuestión QMD por un coeficiente de mayoración **k2** (coeficiente de la hora de mayor demanda):

$$QMH = QMD * k2 \quad QMH = Qmd * k1 * k2 \quad QMH = Qmd * kh \text{ (L/s)}$$

Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{d_{bruta} * P}{86400} \text{ (L/s)} = 100 * 1419 / 86400 = 1.643 \text{ L/s}$$

Caudal máximo diario (QMD)

$$QMD = Qmd * k1 \text{ (L/s)} = 1.643 * 1.1 = 1.81 \text{ L/s}$$

Caudal máximo horario o caudal punta (QMH)

$$QMH = Qmd * k1 * k2 = 1.643 * 1.1 * 1.2 = 2.168 \text{ L/s}$$

Cálculo de los diámetros de la conductora

$$D_{\text{máx}} = 1.78 \sqrt{0.00181} = 0.075 = 75 \text{ mm}$$

$$D_{\text{min}} = 0.65 \sqrt{0.00181} = 0.027 = 27 \text{ mm}$$

$$D \text{ (real hasta el tanque)} = 50 \text{ mm (interior} = 44 \text{ mm)}$$

Después del tanque los diámetros se calculan con el QMH

$$D_{\text{máx}} = 1.78 \sqrt{0.002168} = 0.083 = 83 \text{ mm}$$

$$D_{\text{min}} = 0.65 \sqrt{0.002168} = 0.030 = 30 \text{ mm}$$

$$D \text{ (ramal 1)} = 75 \text{ mm (interior} = 66 \text{ mm)}$$

$$D \text{ (ramal 2)} = 63 \text{ mm (interior} = 55.4 \text{ mm)}$$

Cálculo del volumen del tanque

En todo el sistema de agua potable debe disponerse de un volumen de agua almacenado, para efectuar la regulación entre la producción de agua y la extracción para el consumo, esencialmente variable.

Este volumen de agua almacenado se proyectará considerando que, simultáneamente a la regulación para hacer frente a la demanda, debe lograrse el diseño más económico del sistema de distribución y mantener una reserva

INFORME REFERATIVO

prudencial para los casos de interrupción de las líneas de energía o fuentes de abastecimiento.

La capacidad del tanque de almacenamiento debe ser igual al volumen que resulte mayor de las siguientes consideraciones:

- a) Volumen de regulación.
- b) Volumen contra incendios.
- c) Volumen de reserva.

Volumen de regulación

El volumen de almacenamiento previsto como regulación está destinado a proveer:

- Suministro de agua en las horas de demanda máxima.
- Presiones adecuadas en la red de distribución.

El cálculo del volumen puede ser realizado de dos formas:

- a) Determinación mediante curvas de consumo

Requiere datos suficientes de la comunidad en estudio o una comunidad similar, sobre la variación del consumo que permitan el trazado de la curva de variación del consumo.

- b) Determinación mediante coeficientes empíricos

Al no existir los datos referidos, el volumen mínimo de almacenamiento, necesario para compensar la variación diaria del consumo, debe ser determinado de acuerdo con los siguientes criterios:

- Para sistemas por gravedad, el volumen del tanque de regulación debe estar entre el 15% a 30% del consumo máximo diario.
- Para sistemas por bombeo, el volumen del tanque de regulación debe estar entre el 15% a 25% del consumo máximo diario, dependiendo del número y duración de las horas de bombeo, así como de los horarios en los que se realicen dichos bombeos.
- En el volumen de un tanque debe preverse también una altura de revancha, o altura libre por encima del nivel máximo de aguas, a fin de contar con un espacio de aire ventilado, dicho espacio debe ser igual o mayor a 0,20 m.

Para cualquiera de los casos el volumen debe ser determinado utilizando la siguiente expresión:

INFORME REFERATIVO

$$V_r = C * QMD * t$$

Donde:

V_r: Volumen de regulación en m³

C: Coeficiente de regulación

Sistemas a gravedad 0,15 a 0,30

Sistemas por bombeo 0,15 a 0,25

QMD: Caudal máximo diario en m³/d

t: Tiempo en días (como mínimo 1 día), se podrán utilizar tiempos mayores a un día, si se justifica técnicamente.

Volumen contra incendios

Este volumen está destinado a garantizar un abastecimiento de emergencia para combatir incendios.

El volumen de agua necesario para el caso de incendio se calculará a partir de lo establecido por las normas. Así pues, el volumen necesario a almacenar es 115 m³.

Volumen de reserva

Este volumen, prevé el abastecimiento de agua durante las interrupciones accidentales de funcionamiento de los componentes del sistema situados antes del tanque de almacenamiento, o durante períodos de reparaciones y mantenimiento de obras de captación, conducción, tratamiento y/o en casos de falla en el sistema de bombeo.

Como aguas arriba del tanque hay una serie de obras más o menos expuestas a interrupción, es evidente que durante ese lapso debe disponerse de una reserva de agua en los tanques de almacenamiento; para ello se recomienda considerar un volumen equivalente a 4 horas de consumo correspondiente al caudal máximo diario.

$$V_{re} = 3,6 * QMD * t$$

Donde:

V_{re}: Volumen de reserva en m³

QMD: Caudal máximo diario en l/s

t: Tiempo en horas

Calculo del Volumen de regulación

$$V_r = C * QMD * t = 0.25 * 156.384 * 2 = 78.192 \text{ m}^3$$

C= 0.25

QMD= 156.384 m³/d

INFORME REFERATIVO

t= 2 días

Calculo del Volumen de reserva

$$V_{re} = 3,6 * QMD * t$$

$$V_{re}=3.6*1.81 \text{ L/s}*4h=26.064\text{m}^3$$

QMD:1.81 l/s

t: 4 horas

Volumen contra incendios

El volumen de agua necesario para el caso de incendio se calculará a partir de lo establecido por las normas. Así pues, el volumen necesario a almacenar es 115 m³.

$$V_{\text{contra incendios}}=115 \text{ m}^3.$$

3.3 Registro de las actividades constructivas a desarrollar.

Se recomienda observar los pasos tecnológicos descritos en la tabla 2.4

Tabla 2.4 Pasos tecnológicos a seguir para la ejecución del sistema de abastecimientos de agua a la agricultura en la comunidad la Magdalena del municipio Guama.

No.	Actividad	U/M	Tipos de Materiales	Mano de obra	Equipos
Para el cierre en el río (Dique y un canal de entrada con rejilla, conectado a una válvula reguladora, para conexión a tubería conductora)					
1	Deslinde y desmonte	m ²	-	Manual	-
2	Desbroce	m ²	-	Manual	-
3	<u>Operaciones para cimientos aislados:</u> Excavación en foso para cimientos aislados en forma paralela como elemento de sujeción al suelo.	m ³	-	Manual	-
4	Encofrado de los cimientos aislados.	m ²	Maderas, puntillas	Manual	-
5	Colocación de aceros de los cimientos aislados.	m ²	Barras de acero	Manual	-
6	Hormigonado de los cimientos aislados.	m ³	Áridos, cemento.	Manual	-
7	Desencofrado de los cimientos aislados.	m ²	-	Manual	-
8	<u>Operaciones para el canal de entrada:</u> Excavación en zanja para el canal de entrada, el registro de rejillas y la válvula reguladora	m ²	-	Manual	-
9	Encofrado para el canal de entrada, el registro de rejillas y la válvula reguladora	m ²	Maderas, puntillas.	Manual	-
10	Colocación de aceros para el canal de entrada, el	m ²	Barras de acero	Manual	-

INFORME REFERATIVO

	registro de rejillas y la válvula reguladora				
11	Hormigonado del canal de entrada, el registro de rejillas y la válvula reguladora	m ³	Áridos, cemento	Manual	-
12	Desencofrado del canal de entrada, el registro de rejillas y la válvula reguladora	m ²	-	Manual	-
	Colocación del registro de rejillas y la válvula reguladora.	U	Elementos hidráulicos prefabricados(rejillas y la válvula reguladora)	Manual	-
13	<u>Operaciones para el muro o dique:</u> Excavación en zanja para el muro o dique	m ²	-	Manual	-
14	Encofrado para el muro o dique	m ²	Maderas, puntillas	Manual	-
15	Colocación de aceros para el muro o dique	m ²	Barras de acero	Manual	-
16	Hormigonado del el muro o dique	m ³	Áridos y cemento	Manual	-
17	Desencofrado del muro o dique	m ²	-	Manual	-
Para la tubería de conducción					
18	<u>Operaciones para la tubería de conducción:</u> Deslinde y desmonte	m ²	-	Manual	-
19	Desbroce	m ²	-	Manual	-
20	Excavación en zanja	m ²	-	Manual	-
21	Colocación de tuberías	m ²	Tuberías de PAD	Manual	-
22	Soldadura	U		Manual	-
23	Rehicho	m ³			
24	Compactación	m ²			
Para la instalación del tanque de almacenamiento y distribución					
25	<u>Operaciones para la construcción del cimiento:</u> Deslinde y desmonte	m ²	-	Manual	-
26	Desbroce	m ²	-	Manual	-
27	Conformación de la explanación	m ²	-		
28	Excavación en Foso para el cimiento aislado	m ²	-	Manual	-
29	Encofrado	m ²	Maderas, puntillas.	Manual	-
30	Colocación de aceros	m ²	Barras de acero	Manual	-
31	Hormigonado	m ³	Áridos, cemento	Manual	-
32	Desencofrado	m ²	-	Manual	-
33	<u>Operaciones para la construcción de losa de fondo:</u> Encofrado Cimentación en balsa	m ²	Maderas, puntillas.	Manual	-
34	Colocación de aceros	m ²	Barras de acero	Manual	-
35	Hormigonado	m ³	Áridos, cemento	Manual	-
36	Desencofrado	m ²	-	Manual	-

INFORME REFERATIVO

37	Operaciones para la construcción de muros exteriores: Encofrado (Vigas y columnas)	m ²	Maderas, puntillas.	Manual	-
	Encofrado (muros exteriores)	m ²	Maderas, puntillas.	Manual	-
38	Colocación de aceros	m ²	Barras de acero	Manual	-
39	Hormigonado	m ³	Áridos, cemento	Manual	-
40	Desencofrado	m ²	-	Manual	-
41	Operaciones para la construcción de la losa de cierre superior: Encofrado de losa superior				
42	Colocación de aceros en losa superior	m ²	Barras de acero	Manual	-
43	Hormigonado de losa superior	m ³	Áridos, cemento	Manual	-
44	Desencofrado de la losa superior	m ²	-	Manual	-
45	Colocación de accesorios	U	-	Manual	-
Para la conductora hasta los consumidores domésticos					
46	Operaciones para la tubería de conducción: Deslinde y desmonte	m ²	-	Manual	-
47	Desbroce	m ²	-	Manual	-
48	Excavación en zanja	m ²	-	Manual	-
49	Colocación de tuberías	m ²	Tuberías de PAD	Manual	-
50	Soldadura	U	-	Manual	-
51	Rehicho	m ³	-	Manual	-
52	Compactación	m ²	-	Manual	-
53	Colocación de válvula de control doméstico				
Para la caseta de control y administración					
54	Deslinde y desmonte	m ²	-	Manual	-
55	Desbroce	m ²	-	Manual	-
56	Conformación de la explanación	m ²	-	Manual	-
57	Excavación para el cimiento	m ²	-	Manual	-
58	Encofrado	m ²	Madera, puntillas	Manual	-
59	Colocación de aceros	m ²	Barras de acero	Manual	-
60	Hormigonado	m ³	Áridos, cementos	Manual	-
61	Desencofrado	m ²	-	Manual	-
62	Construcción de muros exteriores e instalación de accesorios.	m ²	Áridos, cementos, bloques de hormigón Barras de acero, Tuberías de PAD, válvulas, instrumentos de medición, sistema eléctrico, etc.	Manual	-
63	Colocación de sistema de tratamiento de agua potable	U	Se considera como un equipo de cloro-gas automático.	Manual	-

3.4 Recomendaciones iniciales para el establecimiento de un plan de abasto que tenga en cuenta las fuentes superficiales y subterráneas para la gestión eficiente del recurso agua por la población de la zona.

Teniendo en cuenta características topográficas y de extensión del área se recomienda que:

- Completar el estudio hidrológico de la cuenca hidrográfica de estudio.
- Todo el sistema funcione por gravedad.
- Elaborar un plan de abastecimiento destinado al abastecimiento a la población considerando la demanda y las posibilidades de la fuente, para así garantizar una mejor producción.
- Verificar que las medidas del tanque distribuidor aseguren un correcto abastecimiento y reservas.
- Verificar si la extracción autorizada de los pozos garantiza la entrega a la población en caso que el cierre se agote, así como incrementar el número paneles para garantizar energía y un funcionamiento estable de la estación de bombeo.

CONCLUSIONES

1. Se logra establecer las ideas básicas para el diseño de una red de abastecimiento de agua potable en la zona de La Magdalena en el municipio Guamá. Este diseño tiene las siguientes características:
 - Se establece el uso de métodos hidrológicos para determinar caudal medio anual histórico en las coordenadas (X:486.740; Y:141.560)
 - El cierre del río para la obra de toma se ejecuta en forma de dique de hormigón con canal de salida lateral y filtros desarenadores conectado a una conductora.
 - Se establece que todo el sistema funcione por gravedad.
 - El trazado de la tubería de impulsión de la obra de toma hasta el tanque de distribución es soterrado. Empleando en este caso tuberías de PAD en todo su recorrido.
 - Se establecen los valores preliminares de las dimensiones y características técnicas de la red de abasto, entre ellas:
 - Población en el año 2020(DPPF, 2020): 1419 habitantes.
 - Población futura para un periodo de diseño de 20 años: 3690 habitantes.
 - Caudal medio diario (Qmd) =1.643 L/s
 - Caudal máximo diario (QMD)=1.81 L/s
 - Caudal máximo horario o caudal punta (QMH)=2.168 L/s
 - Cálculo de los diámetros de la conductora
 - $D_{\text{máx}}=1.78\sqrt{1.81}=0.075=75\text{mm}$
 - $D_{\text{min}}=0.65\sqrt{1.81}=0.023=27\text{mm}$
 - D (real hasta el tanque)=50mm (interior=44mm)
 - Después del tanque los diámetros son:
 - $D_{\text{máx}}=1.78\sqrt{0.002168}=0.083=83\text{mm}$
 - $D_{\text{min}}=0.65\sqrt{0.002168}=0.030=30\text{mm}$
 - D(ramal1)=75mm(interior=66mm)
 - D(ramal 2)=63mm(interior=55.4mm)
 - Volumen del tanque es de 115 m3.
 - Se ordenan consecutivamente los pasos tecnológicos constructivos a desarrollar en todo el proyecto.

RECOMENDACIONES

- 1- Socializar el informe de esta investigación a los tomadores de decisiones del municipio Guama, para aplicar las ideas básicas desarrolladas a un futuro proyecto hidráulico integral en la comunidad La Magdalena ubicada en el municipio Guamá Santiago De Cuba.
- 2- Organizar un plan de acción para aplicar las recomendaciones de intervención sugeridas, dentro del marco del proyecto “Desarrollo integral en comunidades montañosas del municipio guamá en Santiago de Cuba”. 2020 – 2022. Proyecto territorial del CITMA Santiago de Cuba. Código: 9008.
- 3- Recomendar a la Empresa de Proyectos Hidráulicos Santiago de Cuba y la Empresa Aguas Santiago, realizar el diseño definitivo y construcción de la red con todas las observaciones organizativas recomendadas en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Colectivo de autores. 2002. “Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 2: Agua potable para pequeñas comunidades rurales a través de un sistema de colección y almacenamiento de lluvia y planta potabilizadora”. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.
- 2- ONEI. 2012. “Censo de Población y vivienda”.
- 3- Joven club. Cu. 2019. “Nueva sala de computación en comunidad La Magdalena”. <http://www.scu.jovenclub.cu/?author=2>
- 4- NC- 1021: 2014. “Higiene comunal — fuentes de abastecimiento de agua — calidad y protección sanitaria”. <http://doczz.es/doc/4210033/nc-1021-2014-higiene-comunal>
- 5- Manual de diseño e instalación de sistemas de tuberías de PAD.
- 6- Manual PRECONS II, para el diseño y establecimiento de las actividades constructivas y cálculo básico de los materiales del sistema de abastamiento de agua potable
- 7- Geo cuba. 2010. Cartografía digital en un SIG a escala 1:25000 de la provincia Santiago de Cuba.
- 8- Decreto - LEY NO. 201/1999. “Del sistema nacional de áreas protegidas.
- 9- Decreto - Ley No. 212/2000. “Gestión de la Zona Costera”.
10. Decreto Ley No. 262/1999 “Reglamento para la compatibilización del desarrollo económico-social del país con los intereses de la defensa”.
11. Decreto No. 327/2014 “Reglamento del proceso inversionista”.
12. Ley No. 124/2017 “Ley de aguas terrestres”.
13. Plan del Estado cubano para el enfrentamiento al cambio climático (Tarea vida).
14. Plan Hidráulico Nacional hasta 2030. INRH.2015.
15. Política Nacional de Agua. INRH, 2015.
16. Resolución 132/2009 del CITMA. “Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental”.