



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE UN MANUAL TEÓRICO - PRÁCTICO PARA EL
DISEÑO DE LÍNEAS DE ADUCCIÓN POR GRAVEDAD**

Elaborado por::

Carlos L. Tovar G.

Rotciv M. Jiménez A.

Bárbula, Noviembre de 2012.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



PROPUESTA DE UN MANUAL TEÓRICO - PRÁCTICO PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS DE ADUCCIÓN POR GRAVEDAD

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de
Carabobo para optar al título de Ingeniero Civil.

Elaborado por:

Carlos L. Tovar G.

Rotciv M. Jiménez A.

Tutor:

Alexander Cabrera

Bárbula, Octubre 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENERÍA AMBIENTAL

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“PROPUESTA DE UN MANUAL TEÓRICO - PRÁCTICO PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS DE ADUCCIÓN POR GRAVEDAD”**; realizado por los bachilleres: Rotciv Jiménez y Carlos Tovar, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Alexander Cabrera.

Miembro del Jurado

Miembro del Jurado

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado Dios primero que nada, por bendecirnos siempre con la salud y voluntad para luchar por nuestras metas; por el amor que le tome a esta carrera así como por la fuerza que presenté en el camino para sobrellevar los obstáculos.

A cada persona que estuvo en mi camino porque gracias a ellas soy lo que soy en este momento

Y por último, pero muy importante a mi familia que hoy día celebran este momento y lo celebran con pertenencia, son lo más grande en la vida los amo.

Carlos Luis Tovar

A Dios y Jesús de la Misericordia porque con fe, en los momentos más difíciles me he puesto sus manos y he superado los obstáculos.

A mi madre que siempre me apoyó, me brindó sus palabras de aliento, confió en mí en todo momento, con todo el amor del mundo me enseñó los números, me enseñó a leer y escribir. Me enseñó que con dedicación y empeño todo es posible. Hoy, aunque físicamente no esté a mi lado, en mis pensamientos siempre está.

A mi padre y a mi hermano, por haberme dado todo cuanto tuvieron siempre orgullosos de mí, con todo el amor del mundo me enseñaron a ver la vida de una manera distinta y a ser feliz siempre. Me dedicaron su vida y hoy les dedico mi trabajo. Siempre los llevaré en mi corazón.

A mis hermanas y sobrinos, que pueda servir este trabajo que aquí presento como una motivación para seguir adelante, y que cada día sigan estando orgullosos.

A Jorge L. Hulett R., mi esposo, amigo, compañero, siempre atento y amoroso, por brindarme felicidad siempre.

Rotciv Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios primeramente por mantenerme fuerte, firme y decidido, a toda mi familia especialmente Gracias a mi Madre, la mejor demostración de amor, el mejor apoyo y estímulo que todos tenemos.

A mi Padre siempre sereno y sabio usando pocas palabras.

A cada amistad y compañía que celebra conmigo este logro, les aseguro que todos han sido contribuyentes importantes en este objetivo.

Muy importante a los profesores, todos particulares y siempre excelentes en sus cátedras. Y la mejor demostración de vocación del mundo. Gracias.

Carlos Luis Tovar

A Dios, por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi familia por compartir conmigo éste logro.

A mis amigos por estar día a día, por aceptarme como soy y brindarme siempre su apoyo incondicional, especialmente a mi amiga Ericka Figueira y mi Compañero Carlos Tovar.

A los profesores de ésta casa de estudios por haberme enseñado y brindando valiosos conocimientos, en especial a nuestro tutor Alexander Cabrera por brindarnos todo el apoyo necesario para llevar a cabo los objetivos.

Rotciv Jiménez.

INDICE

RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
<i>Planteamiento y Formulación</i> 3	
<i>Formulación del Problema</i> 5	
<i>Objetivos de la Investigación</i> 6	
<i>Objetivo General</i>	6
<i>Objetivos Específicos</i>	6
<i>Justificación</i> 6	
<i>Delimitación</i> 8	
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
<i>Antecedentes de la Investigación</i> 9	
<i>Bases Teóricas</i> 11	

CAPITULO III	18
MARCO METODOLÓGICO	18
<i>Tipo y Diseño de la Investigación</i>	18
<i>Nivel de la Investigación</i>	19
<i>Descripción de la Metodología</i>	20
<i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</i>	22
<i>Análisis de Datos</i>	22
CAPITULOIV	24
PROPUESTA	24
1. <i>Métodos de cálculo para el diseño líneas de aducción por gravedad.</i>	24
<i>Líneas de aducción por gravedad</i>	24
2. <i>Lineamientos generales para el diseño de líneas de aducción por gravedad.</i>	35
3. <i>Diseñar un manual teórico-práctico que permita estimar los diámetros, longitudes y clases de tuberías para el diseño de líneas de aducción por gravedad</i>	38
COMPUTOS METRICOS	45
EJERCICIOS PROPUESTOS	45
<i>EJEMPLO1</i>	45
<i>EJEMPLO2</i>	46
<i>EJEMPLO3</i>	46
<i>EJEMPLO4</i>	47
DIAGRAMA DE FLUJO	48
CONCLUSIONES	50

RECOMENDACIONES..... 52

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Visualización gráfica de la carga disponible.	14
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del Coeficiente de Consumo máximo diario para diversos países.....	28
Tabla 2: Clases de Tubería en función de la presión. Normas American Water Works Association (AWWA)	29
Tabla 3: Clases de Tubería en función de la Presión. Normas International Organization for Standardization	29
Tabla 4: Clases de Tubería en función de la presión. PVC.....	30
Tabla 5: Clases de Tubería en función de la presión PEAD-Norma COVENIN	30
Tabla 6 : Valores del Coeficiente de Rugosidad de acuerdo al material	32
Tabla 7: Diámetro de Ventosas en función del Diámetro de la Tubería .	33
Tabla 8: Diámetro de limpieza en función del Diámetro de la Tubería ..	34



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
DEPARTAMENTO: INGENERÍA AMBIENTAL



PROPUESTA DE UN MANUAL TEÓRICO – PRÁCTICO PARA EL
DISEÑO DE LÍNEAS DE ADUCCIÓN POR GRAVEDAD

Autores: Carlos L. Tovar G.
Rotciv M. Jiménez A.
Tutor: Alexander Cabrera
Fecha: Octubre 2012

RESUMEN

Esta investigación presenta una propuesta de un manual teórico – práctico para el diseño de líneas de aducción por gravedad que permita generar soluciones rápidas, precisas y eficientes. Cabe señalar que dicha investigación abarca los conceptos básicos y procedimientos de cálculo para el diseño de líneas de aducción por gravedad, ésta se encuentra dirigida a los estudiantes y profesionales en ingeniería hidráulica. Para desarrollar el manual fue necesario analizar los diferentes métodos de cálculo y establecer criterios y lineamientos de diseño, haciendo uso de bibliografía como libros, normas, tesis, fichas técnicas, documentos audiovisuales e internet. Por otra parte, éste manual traerá beneficios en el ámbito académico, social e institucional permitiendo un mejor desempeño en los proyectos con un resultado óptimo y una mínima inversión de tiempo, así mismo, se espera que genere un incentivo para la puesta en marcha de nuevos proyectos de líneas de aducción por gravedad. Es importante mencionar que el proyecto se ha desarrollado bajo la modalidad de Proyecto Factible, siendo una investigación de tipo documental y se ubicó en un nivel descriptivo. De este modo, se establecieron como técnicas e instrumentos de recolección de datos la observación directa y el fichaje. Finalmente, debe señalarse que una vez analizados, resumidos y sistematizados todos los criterios para el diseño de líneas de aducción por gravedad, se realizó a una hoja de cálculo en Excel en la cual se generan módulos de carga de información de acuerdo a información preliminar y la misma es capaz de arrojar resultados sobre estimaciones de diámetros, longitudes y clases de tuberías para el diseño de líneas de aducción por gravedad en mínimo de tiempo con resultados óptimos comparado con diseño hecho manualmente.

Descriptores: Líneas de aducción por gravedad, lineamientos, Criterios, sistematizados, cálculos rápidos y sencillos.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha observado un gran incremento en la población, y se ha buscado la manera de que el líquido vital llegue a toda la población.

En Venezuela se ha hecho lo posible por abastecer de agua potable a toda la población; sin embargo, aún existe un alto porcentaje de la población que no cuenta con el servicio y se hace necesario llevar a cabo nuevos proyectos de sistemas de abastecimiento, así como la reingeniería de otros existentes.

Cabe destacar, que durante el actual gobierno, se han llevado a cabo unas medidas de integración comunitaria para los proyectos de gestión del agua, llamadas Mesas Técnicas de Agua, las cuales son apoyadas por el gobierno y la Hidrológica de Venezuela. Estas mesas técnicas, han sido creadas con el objetivo de impulsar la elaboración de proyectos de agua potable que cumplan con las necesidades de un colectivo.

Considerando la importancia que tiene el cumplimiento normativo y mantener criterios sobre el diseño del sistema de abastecimiento de agua, iniciando dichos sistemas con las líneas de aducción, se ha planteado un manual teórico – práctico que muestre de una manera sencilla y sistemática los lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad, facilitando el uso del mismo a estudiantes y profesionales en el área. Resulta claro que una falta de criterios en el diseño de éste sistema acarrea como consecuencia un diseño deficiente originando un servicio inestable en la conducción del agua, además se ve afectado en los costos de construcción.

Este trabajo se desglosa en cuatro partes o cuatro capítulos, los cuales se resumen a continuación:

Capítulo I: se presenta el planteamiento del problema existente, la formulación, los objetivos planteados en la investigación; así mismo se

explican las razones que motivaron ésta investigación así como también los beneficios que ésta proporciona desde el punto de vista académico, social e institucional. Por último se presenta las limitaciones y alcance de la investigación realizada

Capítulo II: se desarrolla el marco teórico, en el cual se presentan los antecedentes y las bases teóricas que sustentan la investigación, con el fin de definir la orientación de la investigación.

Capítulo III: se define el marco metodológico; en tal sentido de establece el tipo, diseño y nivel de la investigación. Por otra parte, se presenta la metodología ó fases de la investigación que permitan lograr los objetivos planteados. También, se presenta, las fuentes y técnicas de recolección de datos para finalmente presentar el análisis de los mismos.

Capítulo IV: en éste capítulo, se presenta la propuesta de un manual teórico – práctico que permite resumir de manera clara y sencilla los criterios para el diseño de líneas de aducción por gravedad. En éste también se encuentra una hoja de cálculo sencilla desarrollado en Excel, la cual permite realizar cálculos rápidos y óptimos para la estimación de diámetros, longitudes y clases en tuberías de líneas de aducción por gravedad.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones luego de haber realizado la investigación, donde se logra evidenciar los beneficios que genera el uso del manual aquí presentado.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento y Formulación

El agua es un recurso natural de vital importancia para las personas. A nivel mundial se ha observado el crecimiento poblacional alrededor de zonas adyacentes a fuentes de agua que sirven como abastecimientos para dichas poblaciones, esto se debe a la necesidad del hombre por obtener el líquido vital.

Para construir un sistema de abastecimiento de agua es necesaria la previa elaboración del proyecto, el cual consta de diferentes etapas. Inicialmente se identifica la fuente que proveerá el agua y su ubicación; se realizan estudios de índole hidrológica, topográfica y geológica, con el objetivo de generar un sistema de abastecimiento que se adapte a las condiciones naturales dadas y que sea capaz de cumplir y satisfacer la demanda de la población a abastecer.

Sin embargo, actualmente la sexta parte de la población mundial carece del acceso al agua potable.

De acuerdo con el artículo publicado por Andrés Rosenberg (2010) en Brasil siendo el país con más reservas hídricas en todo el planeta hay un 30% de la población que carece de agua potable. Por otra parte, Canadá posee el 9% de agua dulce de todo el mundo y sólo pueden acceder al 40% de ella. En Indonesia, teniendo una de las mayores reservas de agua potable del mundo existen problemas de suministro.

En Venezuela, a lo largo de la historia se ha hecho lo posible para que aumente la población que tenga acceso al servicio de agua; pero aún existe un porcentaje de la población que no cuenta con el servicio y se hace necesario llevar a cabo nuevos proyectos de sistema de abastecimiento de agua, así como el rediseño de otros sistemas existentes.

En cuanto a la calidad del servicio, el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su estudio del año 2001 sobre la calidad de los servicios de agua y saneamiento afirma que en 235 municipios los servicios eran insuficientes, lo cual representa el 70% de la población total.

Por otra parte, es de gran importancia mencionar que durante el gobierno de Hugo Chavez (desde 1999 hasta la actualidad) se han llevado a cabo una serie de medidas de integración comunitarias, llamadas Mesas Técnicas de Agua, las cuales han sido concebidas para ejercer funciones de contraloría social en la prestación de los servicios de agua y para impulsar la elaboración de proyectos comunitarios que den respuestas a necesidades colectivas.

De acuerdo con el Reportaje hecho por Grupo de Investigación Social siglo XXI (Gis XXI, 2010) se definen las mesas técnicas de agua de la siguiente manera:

“organizaciones comunitarias apoyadas por el gobierno y la empresa Hidrológica Venezolana con el fin de incorporar a la población a la gestión del agua y a la búsqueda de alternativas que mejoren la administración del recurso”

En dicho artículo también se indica que para el año 2007 ya existían 7.470 mesas técnicas de agua en todo el territorio nacional; las cuales habían hecho posible para la misma fecha cerca de 1500 proyectos comunitarios.

Considerando lo antes mencionado, nos vemos en la necesidad de realizar un estudio que permita incrementar la cantidad y la calidad de proyectos y construcciones de sistemas para la conducción del agua desde

la fuente de abastecimiento hasta los hogares, iniciando éste estudio con las líneas de aducción.

Es necesario destacar que para el diseño de líneas de aducción se pueden presentar dos alternativas: sistemas por gravedad y sistemas por bombeo. Ante estas alternativas muchas veces el sistema por gravedad presenta costos iniciales más elevados, sin embargo, a largo plazo el sistema por bombeo es más costoso.

De ésta manera nos vemos en la necesidad de realizar un estudio de los métodos y lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad y así mismo que permitan generar herramientas de trabajo a los estudiantes y profesionales en el área y así mejorar los proyectos de líneas de aducción por gravedad en Venezuela.

Tomando en cuenta la importancia que tiene el cumplimiento normativo y mantener una serie de criterios para el diseño de la red de abastecimiento, se desea presentar un manual teórico - práctico que muestre de una manera sistemática y sencilla los lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad, y se generen resultados óptimos con un mínimo de tiempo. Resulta claro, que una falta de criterios en el diseño de éste sistema acarrea como consecuencia un diseño estructural deficiente originando un servicio inestable en la conducción del agua y también se ve incrementado el costo en la construcción y ejecución de la misma.

Formulación del Problema

Una vez descrito el problema existente, se plantean las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son los métodos y lineamientos considerados para el diseño de líneas de aducción?

¿De qué manera se puede mejorar el diseño y la calidad de los proyectos de líneas de aducción por gravedad en Venezuela?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer un Manual Teórico – Práctico para el diseño de líneas de aducción por gravedad.

Objetivos Específicos

1. Analizar los métodos de cálculo para el diseño de líneas de aducción por gravedad usados en Venezuela.
2. Establecer lineamientos generales mas usados para el diseño de líneas de aducción por gravedad.
3. Diseñar un manual teórico-práctico que permita estimar los diámetros, longitudes y clases de tuberías para el diseño de líneas de aducción por gravedad.

Justificación

En cualquier lugar del mundo la calidad de servicios de agua, luz, vialidad, telecomunicaciones, entre otros, repercuten en la calidad de vida de la población y esto se convierte en desarrollo y progreso para el país.

En Venezuela se ha buscado durante años la optimización y mejoras de nuestros servicios. Sin embargo en ésta oportunidad, se plantea una propuesta que permita generar mejoras en los proyectos de diseño y

construcción de líneas de aducción por gravedad y como consecuencia mejoras en el servicio de agua potable en el país.

En una etapa inicial, las líneas de aducción diseñadas y construidas estratégicamente resuelven una parte importante de la problemática del suministro de agua a la población. Considerando los beneficios que brindan las líneas de aducción por gravedad, se presenta un trabajo que resume de manera sistemática y sencilla los criterios considerados en el diseño de éste tipo de líneas de aducción.

En el presente trabajo se plantea un manual teórico - práctico que permita generar soluciones rápidas, precisas y eficientes a la hora de diseñar líneas de aducción por gravedad.

El valor de esta investigación radica en lo novedoso de su planteamiento, pues no se ha divulgado un manual teórico – práctico que permitan organizar los datos iniciales en un lenguaje de fácil manejo y que permita realizar rápidamente los cálculos.

Considerando lo antes expuesto, se puede establecer que el trabajo traerá beneficios en el ámbito académico, social e institucional, los cuales se explican a continuación:

Académico: el trabajo beneficiará a los estudiantes y a los profesionales egresados de ingeniería civil en área de ingeniería hidráulica, ya que les proporcionará conocimientos indispensables, de una manera clara y resumida en materia de diseño de líneas de aducción por gravedad, así como también un mejor desempeño en los proyectos con resultados óptimos y una mínima inversión de tiempo.

Social: un manual teórico – práctico para diseño de líneas de aducción, se espera que genere un incentivo para la puesta en marcha de nuevos proyectos de líneas de aducción que puedan funcionar de manera eficiente, cumpliendo su función para lograr que el líquido vital llegue a los hogares ya que esto se traduce en desarrollo, progreso y bienestar para un país.

Institucional: en el país se cuenta con normas que permiten desarrollar algunos criterios para el diseño de líneas de aducción, sin embargo, no se conoce algún trabajo que resuma y organice todos los criterios y consideraciones que se deben tomar en cuenta para el diseño de líneas de aducción por gravedad en Venezuela, por lo tanto se le ofrecería ésta herramienta de trabajo a las instituciones gubernamentales en primera instancia, que les permita ahorrar tiempo y dinero con un resultado óptimo.

Delimitación

Esta investigación plantea el desarrollo de un manual teórico-práctico que abarque los conceptos básicos y procedimientos de cálculo para el diseño de líneas de aducción por gravedad, se establece una relación entre las bases teóricas y los requerimientos establecidos en normas, a fin de generar los lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad, los cuales posteriormente se resumirán y a su vez se sistematizarán en busca de obtener resultados rápidos y óptimos.

Este trabajo está dirigido a todos los estudiantes y profesionales en área de ingeniería hidráulica que deseen lograr un rápido desempeño con resultados óptimos y una mínima inversión de tiempo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Para poder introducir el tema al que alude este trabajo, es necesario definir los conceptos básicos de la investigación, lo que dará en sí una idea de la finalidad de los sistemas de abastecimientos y líneas de aducción por gravedad específicamente, complementándose con lo que será expuesto durante el desarrollo de este trabajo.

En éste capítulo se abordarán los antecedentes de la investigación. Así como las teorías y definiciones que dan soporte a la propuesta presentada.

El marco teórico permite insertarse en una manera real y profunda en la actividad científica con el fin de encontrar el sentido de la investigación que se quiere hacer.

Según Balestrini (2002) “el marco teórico, es el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados con el cuerpo teórico epistemológico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio” (p.91)

Antecedentes de la Investigación

Para la realización de este Trabajo de Grado, se realizó una búsqueda exhaustiva de trabajos de investigación a fines en el área de estudio, consultándose trabajos de grado, libros, manuales, informes, normas y documentos ubicados en páginas web.

Los trabajos de investigación considerados más relevantes son los siguientes:

Menes, M., Fernández, D., Castillo, R. y Uribe, D. (2011). “LÍNEAS DE CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD.” (Ficha Técnica). Colegio de Post-graduados Campus de Montecillo, México.

La ficha técnica tiene como propósito proporcionar las bases de diseño de las líneas de conducción y establecer los requisitos mínimos de seguridad y los lineamientos generales para la instalación en las líneas de conducción de agua, para la población de México. El trabajo arrojó resultados satisfactorios de acuerdo al objetivo planteado. Ésta ficha técnica aporta a nuestro trabajo un modelo metodológico para elaborar el manual teórico – práctico para el diseño de líneas de aducción por gravedad.

Trisolini, E. (2009). “Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales” (Manual de Proyectos) Fondo Perú – Alemania. Deuda por Desarrollo; Lima, Perú.

El propósito de éste manual es brindar un instrumento que facilite a los proyectistas y evaluadores de proyectos de agua potable y saneamiento, en poblaciones rurales (menores a 5000 habitantes) en la elaboración de expedientes técnicos y evaluación de los mismos. Por otra parte el manual cuenta con una sección de costos de materiales, equipos y mano de obra que permite generar los presupuestos. Dicho trabajo ha brindado a esta investigación un ejemplo claro y significativo en la metodología utilizada y en la forma de organizar la información que se muestra.

Fernández, L. (2005) “Nociones elementales sobre tuberías y bombas”. (Material de Apoyo) Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Este trabajo se encuentra dirigido a los profesionales y estudiantes del área de ingeniería hidráulica, que deseen estudiar y elaborar proyectos de sistemas de conducción de agua para abastecimiento de la población. El mencionado trabajo se propone resumir las consideraciones para diseño de

un sistema de conducción de agua para abastecimiento de población. Es importante mencionar que éste trabajo aporta basamentos teóricos y prácticos para la elaboración de nuestro trabajo.

Bases Teóricas

El agua como recurso vital para la existencia de la vida en el planeta tierra, ha sido dispuesta al alcance de la mayoría de las personas; las instituciones en el mundo entero a través de grandes sistemas de tuberías han hecho posible la conducción hasta los hogares. En la conducción intervienen una serie de variables y procesos que sin su atención, la calidad del servicio de agua se vería afectada severamente. Para lograr los objetivos planteados inicialmente es necesario realizar un estudio teórico y legal que permita determinar los parámetros bajo los cuales se logre un óptimo diseño de líneas de aducción por gravedad. A continuación se mencionan las bases teóricas.

Sistema de abastecimiento de agua

Un sistema de abastecimiento es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades desde su lugar de existencia natural o fuente hasta los usuarios para fines de consumo doméstico, servicios públicos, consumo industrial y otros usos.

Por otra parte, es importante clasificar el sistema dependiendo del tipo de usuario. El sistema se clasificará en urbano o rural; sin embargo, en cualquier caso, el agua suministrada en el sistema deberá ser, siempre que sea posible, en cantidad, presión suficiente y de la mejor calidad (desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico) tal como se indica en las Normas Sanitarias de Calidad del agua Potable (1998) y en las Normas Sanitarias

para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones (1988), satisfaciendo razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando el desarrollo de la comunidad.

Es importante mencionar las partes fundamentales que constituyen un sistema público de abastecimiento de agua. Emor (2008) indica que los componentes de un sistema de abastecimiento de agua son los siguientes:

- Fuente de abastecimiento.
- Obras de Captación.
- Líneas de Aducción: por bombeo o por gravedad.
- Planta de tratamiento.
- Estanque de almacenamiento.
- Línea matriz.
- Red de distribución.
- Acometida domiciliaria.

Línea de aducción:

Simón Arocha (1997) define línea de aducción de la siguiente manera:

“(...) tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el estanque de almacenamiento, así como de las estructuras y los accesorios, dispositivos y válvulas integradas a ella.” (p.110)

De igual manera, Arocha, S. (1997) explica que de acuerdo a la ubicación y la fuente de abastecimientos así como de la topografía de la región, las líneas de aducción pueden ser:

- Líneas de aducción por gravedad.
- Líneas de aducción por bombeo.

Líneas de aducción por gravedad

Fernández, L. (2005) explica que las líneas de aducción por gravedad son utilizadas cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a una cota

mayor que la cota del punto final, no existiendo cotas mayores que la del origen, entre ambos puntos.

Arocha Simón. (1997) afirma: “una línea de aducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado” (p. 110)

Así mismo, indica que para realizar el diseño de una línea de aducción por gravedad es necesario tener en cuenta ciertos criterios.

- Carga disponible o diferencia de elevación.
- Capacidad para transportar el gasto de diseño.
- Clase de tubería en función de la presión.
- Clase de tubería en función del material.
- Diámetros.
- Estructuras complementarias.

Carga disponible o diferencia de elevación:

Arocha (1997) afirma:

Viene representada por diferencia de elevación entre la obra de captación (nivel mínimo de aguas en la captación) y el estanque de almacenamiento (nivel máximo de aguas en el estanque). Sin embargo en ocasiones pueden presentarse puntos altos intermedios, que no satisfarían el flujo por gravedad para un diseño bajo esa dirección.(p. 110)

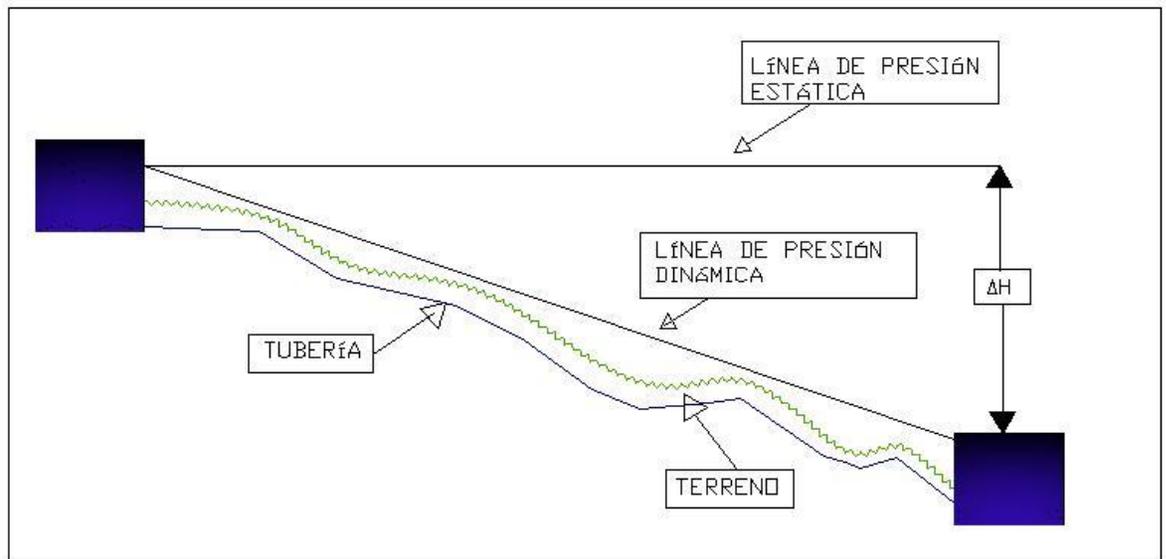


Figura 1: **Visualización gráfica de la carga disponible.** Nota. Figura tomada de Simoes (2010)

Donde;

ΔH : Carga disponible

ΔH : Nivel mínimo de la fuente – Nivel máximo del estanque

Capacidad para transportar el gasto de diseño:

Consumo medio:

ArochaSimón, (1997) establece que el consumo medio se determinará dependiendo de la población que se estima abastecer, lo cual se determina dependiendo del sistema, si es para abastecer a un sistema nuevo o existente.

Gasto de Diseño:

Para el diseño de una línea de aducción es necesario estimar el gasto de diseño. Arocha, Simón (1997) establece que “se estima el gasto medio futuro de la población para el período de diseño seleccionado y se toma el

factor K1 del día de máximo consumo. Siendo el gasto de diseño el correspondiente al Q_{máx} diario”

Clase de tubería en función de la presión

De acuerdo con Arocha, Simón (1997) “las clases de tuberías a seleccionar estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea la cual estará representado por la línea de carga estática”

Es importante resaltar, que se han establecido diferentes clases de tuberías dependiendo de su presión de trabajo. De igual manera se han establecido diferencias entre tuberías de un mismo material atendiendo a su capacidad de resistir esfuerzos provocados por presiones internas.

Clase de Tubería en función del material

Existen tuberías de diferentes materiales entre los cuales nombramos Hierro Fundido (HF), Hierro Galvanizado (HG), Asbesto – Cemento a presión (ACP), Hierro Fundido Dúctil (HFD) y Polivinil – Cloruro (PVC).

Diámetros

Para determinar los diámetros es importante tomar en cuenta que existen diversas soluciones tomando en cuenta la economía.

En toda la longitud de la línea de aducción se seleccionará una combinación de diámetros que permita aprovechar al máximo el desnivel existente.

Arocha Simón (1997) afirma que la aplicación de la Ecuación de Hazen – Williams permitirá obtener la combinación de diámetros.

Estructuras Complementarias

- Ventosas ó válvulas de expulsión de aire

Arocha Simón (1997) sostiene que estas válvulas constituyen un factor de seguridad que garantizará la sección útil para la circulación del gasto deseado.

- Purgas o Válvulas de Limpieza:

Con respecto a estas válvulas Arocha Simón (1997) explica que las purgas son dispositivos que permiten la limpieza periódicamente en los puntos bajos, en los cuales existe la tendencia a la acumulación de sedimentos, asimismo dice que la limpieza consiste en una derivación de la tubería provista de llave de paso.

- Tanquilla Rompecargas:

Arocha (1997) define las tanquillas rompecargas como “estructuras destinadas a reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), mediante la transformación de la energía disponible en altura de velocidad.” (p. 118)

- Válvulas Reductoras de presión y válvulas reguladoras de presión:

Estas válvulas son colocadas para reducir la presión atmosférica.

En tal sentido, las válvulas reductoras de presión “producen en su interior una pérdida de carga constante, cualquiera que sea la presión de entrada y el gasto” (Arocha, 1997, p.120)

- Desarenadores:

Un desarenador está definido como “un dispositivo que permite la retención del agua de tal modo que las partículas de arena puedan decantar como resultado de las fuerzas de gravedad y de otras fuerzas”. (Arocha, 1997, p.120)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con Palella y Martins (2004) el marco metodológico “ es una guía procedimental, producto de la reflexión que provee pautas lógicas generales pertinentes para desarrollar y coordinar las operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible” (p.73)

En el marco metodológico se define el tipo y diseño de la investigación, así como también la población y la muestra seleccionada para el estudio. También se incluyen las técnicas e instrumentos utilizados para recabar la información necesaria para realizar el diagnóstico y por último se expone el procedimiento puesto en práctica para cumplir con los objetivos planteados.

Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación estará orientada hacia el desglose del objetivo general de la misma, referido a la propuesta de un manual teórico – práctico para el diseño de líneas de aducción por gravedad, dirigido a los estudiantes y profesionales de ingeniería hidráulica.

Dicha investigación se enmarca bajo la modalidad de Proyecto Factible ya que la propuesta busca una solución viable a la problemática planteada anteriormente, tal como está definido en el Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales (UPEL, 2006), :

...en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades. (p.16)

Por otra parte, el siguiente trabajo se desarrolla como investigación de tipo documental, ya que los datos e información requerida para llevar a cabo los objetivos planteados fueron recabados de documentos como libros, tesis, revistas, periódicos, leyes, documentos audiovisuales e internet.

En tal sentido, en el Manual de Trabajo de Grado, de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales (UPEL, 2006), se define a la investigación documental como:

El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza con apoyo principalmente en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones y recomendaciones. (Pág. 6)

De la misma manera, según Arias (2004), es documental ya que, “(...) se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”(p.49)

Nivel de la Investigación

Según Arias (2004): “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (pág. 48)

Por otra parte, Tamayo y Tamayo (1998) señala: “La investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos” (p.35)

De acuerdo con las definiciones anteriores y tomando en cuenta la naturaleza de la investigación, el trabajo se ubicó en el nivel descriptivo con una propuesta, fundamentado en una revisión documental, dado que se procedió a recopilar información relativa al diseño de líneas de aducción por

gravedad y posteriormente se realizó el análisis bibliográfico, para resumir y sistematizar la información

Descripción de la Metodología

En cuanto a la descripción de la metodología, aquí se mostrarán las fases o etapas de la investigación que dan paso a la propuesta, explicadas en forma sistemática y secuencial.

Dentro de este orden de ideas, se presentan a continuación las etapas de la investigación:

1. Diagnóstico:

El diagnóstico no es más que un análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Dentro de este marco, se identifica el problema existente a nivel nacional, en cuanto al abastecimiento de agua se refiere. Posteriormente se realiza la ubicación y revisión de fuentes bibliográficas entre los cuales se destacan textos, proyectos, tesis, fichas técnicas, normas, documentos audiovisuales e internet, que permitan obtener la información pertinente al diseño de líneas de aducción por gravedad. De este modo, se hace posible realizar un análisis de diferentes métodos de cálculos y establecer una serie de lineamientos y criterios para el diseño de líneas de aducción por gravedad.

2. Evaluación de la Factibilidad:

En todo proyecto es sumamente importante el estudio de factibilidad, ya que éste estudio tiene como objetivo conocer la viabilidad de implementar dicho proyecto definiendo al mismo tiempo los principales elementos del proyecto. Por consiguiente,

una vez definido la problemática existente en cuanto al abastecimiento de agua potable a la población venezolana y luego de establecer las causas que motivan el diseño de una línea de aducción por gravedad, es necesario determinar la capacidad técnica que implica el desarrollo del manual teórico – práctico para el diseño de líneas de aducción, así mismo, los costos, beneficios y grado de aceptación que dicha propuesta genera. De éste modo, éste análisis permitió determinar las posibilidades de diseñar el manual.

Es importante resaltar, que el estudio de factibilidad técnica se realizó con la finalidad de demostrar la existencia de recursos necesarios (humanos, materiales, equipos e instrumentos) para el desarrollo del manual. Los aspectos considerados en éste estudio son los siguientes: el beneficio y los recursos necesarios.

En atención a lo expuesto, se considera beneficioso ya que éste trabajo tiene como finalidad resumir y sistematizar los lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad, presentados en un manual teórico – práctico el cual puede ser utilizado por los estudiantes y profesionales en el área de ingeniería hidráulica.

Finalmente, se hace el estudio de los recursos humanos, materiales, equipos e instrumentos necesarios y disponibles, y ha permitido establecer de una manera clara la factibilidad del proyecto.

3. Propuesta:

Una vez realizado el diagnóstico y estudio de factibilidad, se plantea entonces la propuesta del manual teórico – práctico que muestre de una manera sistemática y sencilla los lineamientos para el diseño de líneas de aducción por gravedad y además se generó una hoja de cálculo que permite estimar los diámetros,

longitudes y clases de tuberías de las líneas de aducción por gravedad,

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En ésta sección se definen las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados, sin duda, es de gran importancia obtener la información necesaria para el estudio del problema.

Al respecto, Arias (2004) señala que “(...) se entenderá por técnica el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.65). De igual forma, define los instrumentos como “(...) un dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener registrar o almacenar información”. (p.67)

Considerando éstas definiciones, se establece como técnicas de recolección de datos, la observación directa y el fichaje.

En éste sentido; la observación directa se ha realizado con el propósito de observar y recoger información sobre el diseño de líneas de aducción por gravedad, permitiendo el desarrollo de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una correcta orientación.

Por otra parte, el fichaje se ha aplicado mediante la utilización de la ficha como instrumento, facilitando así la extracción de aspectos de interés para la investigación y permitiendo ordenar y clasificar las ideas e información necesaria para desarrollar el trabajo.

Análisis de Datos

Con el fin de lograr una clara y rápida comprensión de las características de los procesos, se utilizan los análisis de datos; además, éstos permiten diseñar una propuesta con una solución viable.

A través de la observación directa y el fichaje, fue posible realizar un análisis de la información recabada, clasificarla y resumirla, de manera tal

que se generaran los lineamientos necesarios y precisos para el desarrollo del manual.

Posteriormente, en base a dichos lineamientos, se realizó una hoja de cálculo de fácil manejo que permitiera estimar diámetros, longitudes y clases de tuberías en líneas de aducción por gravedad; en la cual se pudo observar satisfactoriamente que los resultados arrojados son exactos y precisos al compararlos con diseños realizados manualmente.

CAPITULOIV

PROPUESTA

Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del trabajo.

A través de la siguiente matriz FODA se pueden concretar los puntos fuertes y débiles propios de la propuesta.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>*Permite Organizar los datos iniciales en un lenguaje de fácil manejo</p> <p>*Resume de manera sistemática y sencilla los criterios considerados en el diseño de líneas de aducción por gravedad</p> <p>*Permite realizar rápidamente los cálculos a través de una hoja de cálculo desarrollada en un programa sencillo y de fácil acceso.</p>	<p>*Necesidad de los proyectistas de realizar cálculos rápidos con resultados óptimos</p> <p>*No se ha divulgado un manual teórico - práctico para el diseño de líneas de aducción por gravedad.</p>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>*No incluye el diseño de obras complementarias, por lo tanto deben diseñarse aparte.</p>	<p>*Algunos criterios cambiarían si perdieran vigencia las actuales Normas.</p>

1. Métodos de cálculo para el diseño líneas de aducción por gravedad.

Líneas de aducción por gravedad

Fernández, L. (2005) explica que las líneas de aducción por gravedad son utilizadas cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a una cota mayor que la cota del punto final, no existiendo cotas mayores que la del origen, entre ambos puntos.

Arocha Simón. (1997) afirma: “una línea de aducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado” (p. 110)

Así mismo, indica que para realizar el diseño de una línea de aducción por gravedad es necesario tener en cuenta ciertos criterios.

- Carga disponible o diferencia de elevación.
- Capacidad para transportar el gasto de diseño.
- Clase de tubería en función de la presión.
- Clase de tubería en función del material.
- Diámetros.
- Estructuras complementarias.

Carga disponible o diferencia de elevación:

Arocha (1997) afirma:

Viene representada por diferencia de elevación entre la obra de captación (nivel mínimo de aguas en la captación) y el estanque de almacenamiento (nivel máximo de aguas en el estanque). Sin embargo en ocasiones pueden presentarse puntos altos intermedios, que no satisfarían el flujo por gravedad para un diseño bajo esa dirección.(p. 110)

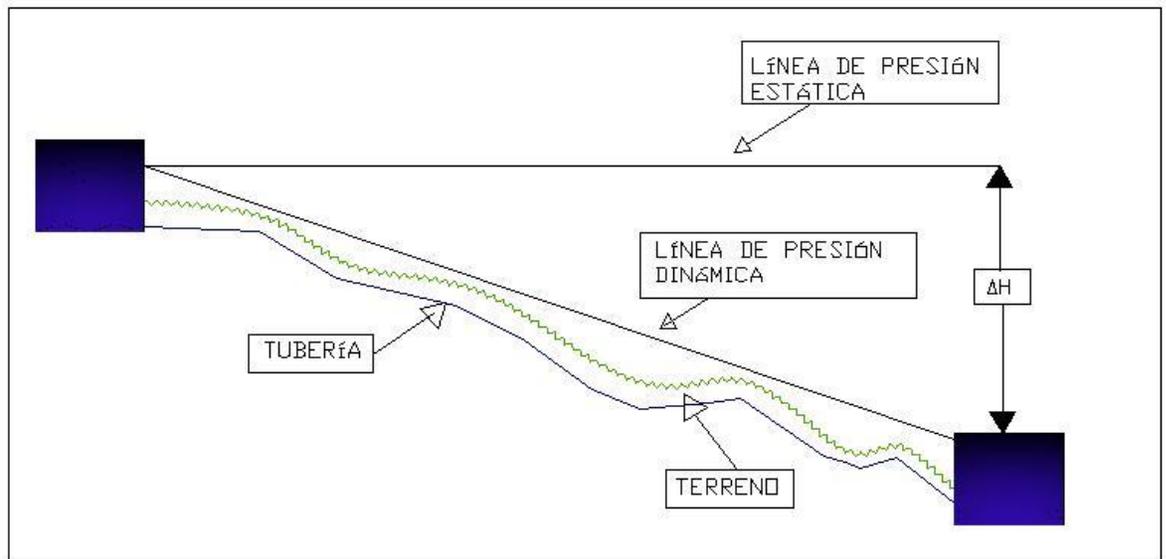


Figura 1: Visualización gráfica de la carga disponible. Nota. Figura tomada de Simoes (2010)

Donde;

ΔH : Carga disponible

ΔH : Nivel mínimo de la fuente – Nivel máximo del estanque

Capacidad para transportar el gasto de diseño:

Consumo medio:

ArochaSimón, (1997) establece que el consumo medio se determinará dependiendo de la población que se estima abastecer, lo cual se determina dependiendo del sistema, si es para abastecer a un sistema nuevo o existente.

- Sistema nuevo:
 - Caso no zonificado: es aquel caso que se presenta cuando no se cuentan con los planos urbanísticos indicando los usos de las parcelas. Según Arocha (1997) “ Se hace necesario estimar los consumos per cápita, y deben

valorarse todos factores que tiendan a modificar éstas cifras” (p.3)

$$Q = PoblaciónFutura * Dotaciónpercapita \quad \text{Ec.1}$$

Extraído de Arocha, Simón (1997)

- Caso zonificado: éste caso se presenta cuando se disponen de planos urbanísticos que presentan áreas zonificadas de acuerdo al uso. Con respecto a éste caso, Arocha (1997) afirma “ es fácil obtener y predecir los consumos con bastante aproximación”

$$Qm = \sum Dotación * parcela \quad \text{Ec.2}$$

Extraído de Arocha, Simón (1997)

- Sistema Existente:

Para el sistema existente, tal como lo indica Simón Arocha, se hace un estudio del consumo diario, durante todos los días del año y se determina el gasto máximo diario, posteriormente para ese día de gasto máximo se realiza un estudio a fin de conocer la hora de mayor consumo, y el gasto consumido en esa hora será el gasto máximo horario.

Gasto de Diseño:

Para el diseño de una línea de aducción es necesario estimar el gasto de diseño. Arocha, Simón (1997) establece que “se estima el gasto medio futuro de la población para el período de diseño seleccionado y se toma el factor K1 del día de máximo consumo. Siendo el gasto de diseño el correspondiente al Qmáx diario”

$$Q_{maxD} = K1 * Qm$$

Ec.3

Extraído de Arocha, Simón (1997)

K1: Coeficiente de Consumo máximo diario. (Ver Tabla 1)

Qm: Consumo medio expresado en lps.

Tabla 1:

Valores del Coeficiente de Consumo máximo diario, k1, para diversos países.

País	Autor	K1
Alemania	Hutler	1.6 - 2.0
Brasil	Azevedo - Nets	1.2 - 1.5
España	Lazarro - Urra	1.5
USA	Fair&Geyer	1.5 - 2.0
Francia	Devaube–Inbeaux	1.5
Inglaterra	Gourlex	1.2 - 1.4
Italia	Galizid	1.5 - 1.6
Venezuela	Rivas –Miajares	1.2 - 1.5

Fuente: Arocha (1997)

Clase de tubería en función de la presión

De acuerdo con Arocha, Simón (1997) “las clases de tuberías a seleccionar estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea la cual estará representado por la línea de carga estática”

Es importante resaltar, que se han establecido diferentes clases de tuberías dependiendo de su presión de trabajo. De igual manera se han establecido diferencias entre tuberías de un mismo material atendiendo a su capacidad de resistir esfuerzos provocados por presiones internas.

A continuación se muestran las clases de tuberías en función de la presión:

Tabla 2:

Clases de Tubería en función de la presión. Normas American Water Works Association (AWWA)

CLASE	PRESIÓN DE TRABAJO (lb/pulg²)	EQUIVALENCIA EN METROS DE COLUMNA DE AGUA (m)
100	100	70
150	150	105
200	200	140
250	250	175
300	300	210
350	350	245

Fuente: Arocha (1997)

Tabla 3:

Clases de Tubería en función de la presión. Norma International Organization for Standardization

CLASE (Kg/cm²)	METROS DE COLUMNA DE AGUA (m)	PRESIÓN DE TRABAJO (lb/pulg²)	ATMÓSFERA
5	50	71.50	5
10	100	143.00	10
15	150	214.50	15
20	200	286.00	20
25	250	357.50	25

Fuente: Arocha (1997)

Tabla 4:

Clases de Tubería en función de la presión. PVC

CLASE	PRESIÓN (kg/cal)	EQUIVALENCIA EN AGUA
AA	6	60
AB	10	100
AC	16	160
AD	25	250

Tabla 5:

Clases de Tubería en función de la presión. PEAD –Norma COVENIN

CLASE	PRESIÓN (Psi)	EQUIVALENCIA EN AGUA
N1	45	31.68
N2	60	42.18
N3	90	63.28
N4	150	105.46

Clase de Tubería en función del material

Existen tuberías de diferentes materiales entre los cuales nombramos Hierro Fundido (HF), Hierro Galvanizado (HG), (ACP), Hierro Fundido Dúctil (HFD) y PVC.

Según Arocha, en caso tal que la excavación del terreno sea antieconómica se recomienda seleccionar tuberías de alta resistencia a impactos y la misma puede instalarse sobre soportes, como HG y HFD.

Sin embargo, si fuese necesario enterrar la tubería deberá seleccionarse un material que soporte la agresividad del suelo como ACP, HF, HFD, PVC. Por otra parte, Arocha indica que de utilizar tubería de HG ésta deberá recubrirse con una protección especial.

Diámetros

Para determinar los diámetros es importante tomar en cuenta que existen diversas soluciones tomando en cuenta la economía.

En toda la longitud de la línea de aducción se seleccionará una combinación de diámetros que permita aprovechar al máximo el desnivel existente.

Arocha Simón (1997) afirma que la aplicación de la Ecuación de Hazen – Williams permitirá obtener la combinación de diámetros.

La ecuación de Hazen – Williams expresa lo siguiente:

$$V = 0.318 * C * R^{0.63} * S^{0.54} \quad \text{Ec.4}$$

Fuente: Arocha (1997)

Donde;

V: Velocidad del flujo (m/s)

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (adimensional)

R: Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente del Gradiente hidráulico ó Pérdida de Carga(J)

Luego; por continuidad se tiene:

$$Q = V * A \quad \text{Ec.5}$$

Posteriormente, la ecuación 4 se sustituye en la ecuación 5 y se despeja la pérdida de carga, obteniendo lo siguiente:

$$J = \alpha * L * Q^n \quad \text{Ec.6}$$

Fuente: Arocha (1997)

Dónde;

J: Pérdida de carga (m)

L: Longitud (m)

α : Coeficiente dependiendo de C y \emptyset

Q: Gasto (l/s)

n: 1.85

Convirtiendo al sistema métrico y expresando la pérdida en función de diámetro, se obtiene:

$$J = 10.67 * \frac{L}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.85}}{C} \quad \text{Ec.7}$$

Fuente: Arocha (1997)

Finalmente, a ésta ecuación se le agrega el factor 1.05, el cual representa un incremento del 5% de la longitud del conducto con la finalidad de incluir los efectos causados por los accesorios en la red. La ecuación de pérdida queda expresada de la siguiente manera:

$$J = 10.67 * \frac{L * 1.05}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.85}}{C} \quad \text{Ec.8}$$

El diámetro se obtiene al igualar ΔH con las pérdidas de carga J. -->
 $\Delta H=J$

Tabla 6 :

Valores del coeficiente de rugosidad de acuerdo al material.

CLASES DE TUBERÍAS	VALORES DE C
HF	100
HFD	100
TUBERÍA CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO	110
A	120
ACP	120
PVC	140
HG	100 - 110

Fuente: Arocha (1997)

Estructuras Complementarias

- Ventosas ó válvulas de expulsión de aire

Arocha Simón (1997) sostiene que estas válvulas constituyen un factor de seguridad que garantizará la sección útil para la circulación del gasto deseado.

Las ventosas se colocan en puntos altos a fin de prevenir la acumulación de aire; dicha acumulación de aire puede ser, en ocasiones, desplazada a lo largo de la tubería generando golpes intermitentes similares al golpe de ariete.

Tabla 7:

Diámetro de Ventosas en función de diámetro de Tubería

Ø TUBERÍA	Ø VENTOSA MANUAL	Ø VENTOSA AUTOMÁTICA
12"	4"	3/4"
14"	4"	3/4"
16"	6"	1"
18"	6"	1"
20"	6"	2"
24"	8"	2"
30"	8"	2"

Fuente: Arocha (1997), Confirmado Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos (1989)

- Purgas o Válvulas de Limpieza:

Con respecto a estas válvulas Arocha Simón (1997) explica que las purgas son dispositivos que permiten la limpieza periódicamente en los puntos bajos, en los cuales existe la tendencia a la acumulación de sedimentos, asimismo dice que la limpieza consiste en una derivación de la tubería provista de llave de paso.

De acuerdo con las Normas de Proyecto y Especificaciones para los sistemas de Abastecimiento de Agua del INOS, algunos diámetros de válvulas de limpieza en función del diámetro de tubería son los siguientes:

Tabla 8:

Diámetro de Limpieza en función del diámetro de Tubería.

Ø TUBERÍA	Ø LIMPIEZA
12"	6"
14"	6"
16"	6"
18"	6"
20"	8"
24"	8"
30"	10"

Fuente: Arocha (1997) Confirmado Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos (1989)

- **Tanquilla Rompecargas:**

Arocha (1997) define las tanquillas rompecargas como “estructuras destinadas a reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), mediante la transformación de la energía disponible en altura de velocidad.” (p. 118)

Se puede decir que las tanquillas rompecargas necesitan un diseño aparte, en el cual intervienen factores como el gasto,

presión de entrada, pérdida de carga en los accesorios de entrada y salida asegurando una altura H a la salida que permita la circulación del gasto de diseño de la línea de aducción.

- Válvulas Reductoras de presión y válvulas reguladoras de presión:
Estas válvulas son colocadas para reducir la presión atmosférica.

En tal sentido, las válvulas reductoras de presión “producen en su interior una pérdida de carga constante, cualquiera que sea la presión de entrada y el gasto” (Arocha, 1997, p.120)

Por otra parte, las válvulas reguladoras de presión “se usan para mantener una presión constante en la descarga aunque en la entrada varíe el flujo” (Arocha, 1997, p.120)

- Desarenadores:

Un desarenador está definido como “un dispositivo que permite la retención del agua de tal modo que las partículas de arena puedan decantar como resultado de las fuerzas de gravedad y de otras fuerzas”. (Arocha, 1997, p.120)

El desarenador, debe diseñarse por separado, manteniendo el caudal de salida igual al caudal de entrada.

2. Lineamientos generales para el diseño de líneas de aducción por gravedad.

2.1.- Recopilar la información básica correspondiente a datos topográficos así como también las progresivas y cotas de los puntos correspondientes a la línea de aducción que se va a diseñar. Del mismo

modo los niveles máximos y mínimos de la fuente, altura del estanque y tipo de material del mismo modo los valores de caudal medio y caudal máximo diario.

2.2.- PREDIMENSIONADO: Hacer una estimación del Diámetro de la aducción de acuerdo a la relación de Hazzen-Williams (ec 8) presentada en el capítulo anterior el cual se denominará $D_{calculado}$. Tomando en cuenta que la pérdida de energía correspondiente a esta relación inicial es la diferencia de cotas entre el nivel mínimo de la fuente y el nivel máximo del estanque. Inmediatamente debe registrarse el intervalo en el que se encuentra representado este diámetro calculado en las tablas de diámetros comerciales, ver tabla 2 , tomando en cuenta que $D1$ es la aproximación superior de este intervalo y $D2$ la inferior.

2.3.- A continuación se procede a estimar las longitudes $L1$ y $L2$ según la relación de energía de acuerdo a los diámetros comerciales estimados con el siguiente sistema lineal de ecuaciones homogéneas:

$$JD1+JD2=AH$$

$$L1'+L2'=Lt*1,05$$

De esta manera se obtienen los valores de $L1$ y $L2$ correspondientes a las proyecciones horizontales de cada diámetro, siendo práctico usar la geometría para obtener las longitudes de tubería reales.

2.4.- OPTIMIZACION: Posteriormente de haber ubicado los diámetros del predimensionado se procede a comparar la diferencia de cotas entre el nivel máximo de la fuente y el punto más alto de la aducción con la pérdida de energía desde la fuente hasta este punto utilizando la ecuación de Hazzen-Williams (J), teniendo en cuenta el termino adicional que ocurre en la transición de la ecuación de energía si el cambio de diámetro ocurre durante

este recorrido. En el caso de que el AH por cotas sea mayor que el AH(J), el predimensionado se considera aceptable y se procede a la determinación de las clases de tuberías; sin embargo en el caso de que no se cumpla este requisito indispensable, se debe optimizar el diseño comenzando por redefinir el valor de AHp siendo este la energía necesaria para que la aducción funcione correctamente. Garantizando que este valor esté por encima de la cota del punto mas alto de la aducción, dejando a criterio del diseñador la separación que se debe tener de este punto, se recomienda considerar una separación dentro del rango de 2 a3 mts.

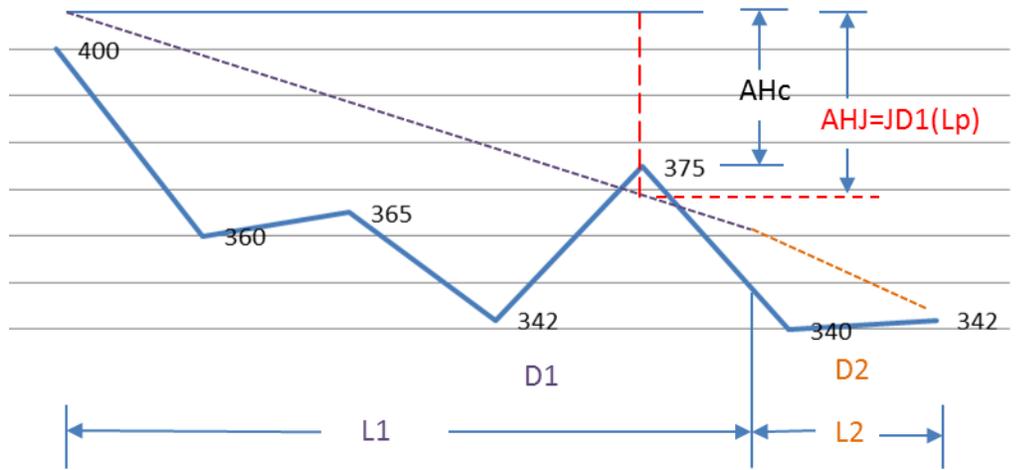
2.5.- Con este valor de energía se hace el rediseño con el mismo procedimiento explicado en el paso 2.3 solo que la longitud a considerar es desde la fuente hasta el punto critico de la aducción para de esta manera obtener diámetros convergentes a la optimización de este primer tramo, posteriormente se debe estimar las longitudes y diámetros de los tramos siguientes manteniendo el nuevo nivel de energía y optimizar siempre que las condiciones lo requieran.

2.6.- DETERMINACION DE LAS CLASES: Para la determinación de las clases de tuberías obtenidas en el diseño de la línea de aducción por gravedad se debe conocer los niveles de clases representados en el perfil de la aducción, para ello se debe restar al valor de la cota del nivel máximo de la fuente cada uno de los niveles de columna de agua correspondientes a cada valor de clase representados en la tabla 2. Luego se representan estos valores constantes en el perfil longitudinal y determinar con los principios de geometría los puntos de intersección de las funciones constantes con la línea de aducción, considerando que la tubería que estén sobre el nivel obtenido al restar la columna de agua correspondiente a la clase 100 será registrada como clase 100. La tubería que se encuentre entre la horizontal generada

por la clase 150 corresponderá a la misma hasta el punto final de la clase anterior. Así sucesivamente con el resto de las clases.

2.7.- Para la determinación de las cantidades de accesorios y válvulas corresponde a las longitudes, pendientes de tubería y cantidad de vértices en la aducción. Siendo los altos para las válvulas que liberan el aire y los bajos para las válvulas que liberan sedimentos, del mismo modo que se recomienda a cada 400 mts de tubería colocar una llave para efecto de mayor trabajabilidad a la hora de hacer el mantenimiento de la aducción

3. Diseñar un manual teórico-práctico que permita estimar los diámetros, longitudes y clases de tuberías para el diseño de líneas de aducción por gravedad



Información básica

Inicialmente debemos conocer la topografía del terreno así como el recorrido de la aducción, tipo de material, tipo de fuente y sus niveles.

PUNTO	A	B	C	D	E	F	G
PROGRESIVA	0	4100	7200	9700	12700	18000	19000
DISTANCIA	0	4100	3100	2500	3000	5300	1000
COTA	400	360	365	342	375	340	342

TIPO DE FUENTE: EMBALSE

NIVELES DE LA FUENTE: MÁXIMO: 420 mínimo: 405

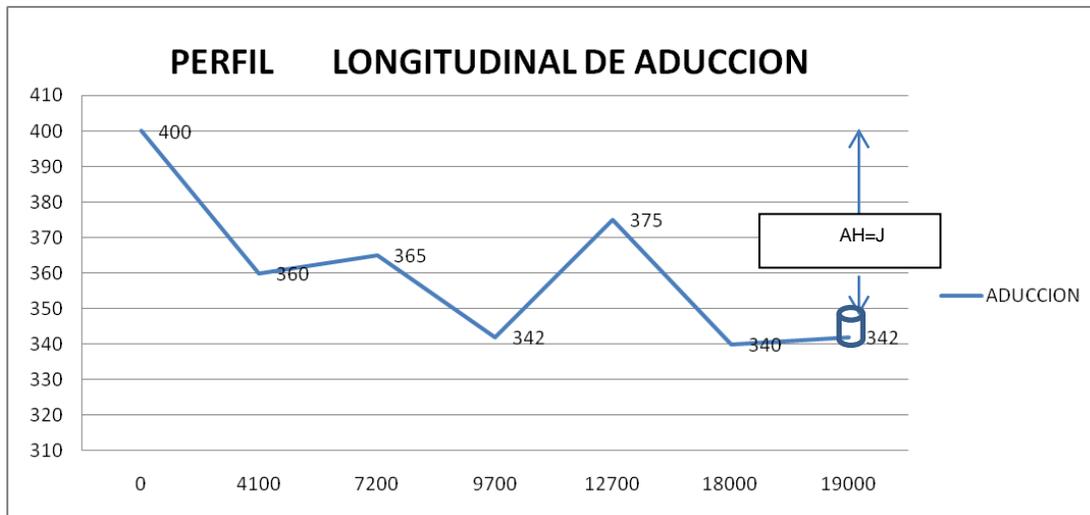
ALTURA DEL ESTANQUE 6

$Q_m = 130 \text{ l/s}$

$Q_{max} = 195 \text{ l/s}$

Inmediatamente se plantea el perfil longitudinal para el diseño de la línea de aducción

PERFIL LONGITUDINAL



Posteriormente determinar la carga disponible en la aducción representada como AH

$$\text{Carga Disponible} \quad 400,00 \quad - \quad 348,00 \quad = \quad 52,00$$

Q_m	130,00 l/s
$Q_{\text{diseño}}$	195 l/s
L =	19000,00 m
$\Delta H =$	392,00 mm
C =	100

Con la ecuación de Hazzen-Williams estimar el Diámetro de la aducción. Y asumir el intervalo correspondiente a los diámetros comerciales según el material seleccionado.

Ec. 8

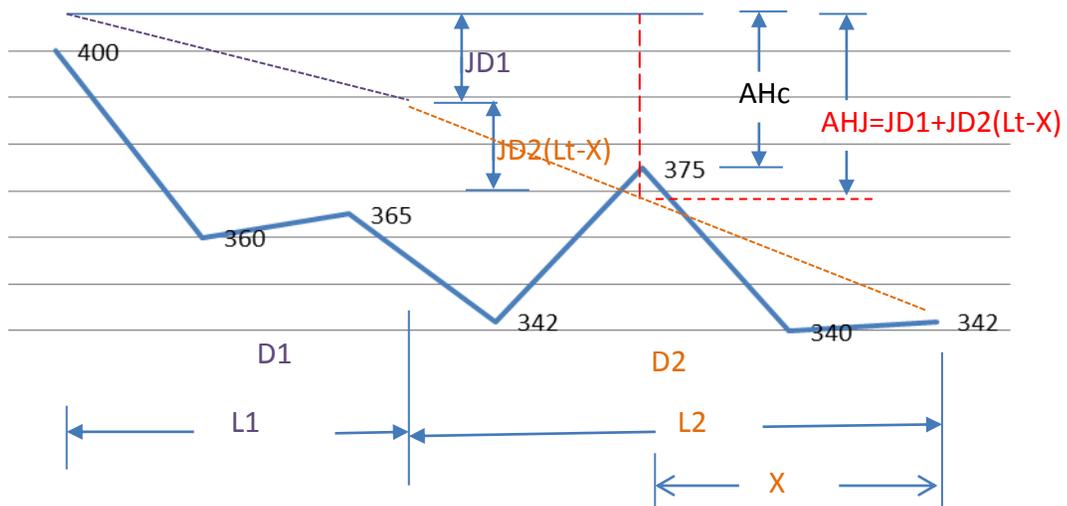
$$J = 10.67 * \frac{L * 1.05}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.85}}{C}$$

de la Ec 8 se estima D, siendo AH=J

D =	0,514	m
D1 =	600	D2 = 500
		C= 100

Con la utilización del intervalo de diámetros comerciales estimados uno por encima y otro por debajo D1 y D2 estimar las longitudes con el sistema lineal de ecuaciones homogéneas correspondientes a la energía disponible en la aducción.

{	0,001	L1'	+	0,003	L2'	=	52,000
		L1'	+		L2'	=	19950,000
{	0,001	L1'	+	0,003	L2'	=	52,000
	-0,001	L1'	+	-0,001	L2'	=	-24,528
	0,000			0,002	L2'	=	27,472
		L2'		15625,646		L2	14881,567
		L1'		4324,354		L1	4118,433



A continuación verificamos la carga disponible en el punto mas alto de la aducción y la comparamos con la carga requerida por la tubería prediseñada con la relación de Hazzen-Williams. Nótese que en este caso la progresiva del punto mas alto se encuentra dentro del tramo de tubería de diámetro 2 de 500mm. Esto quiere decir que la energía requerida por la tubería se obtiene de la generada por la energía de la de 600mm mas la energía del tramo de 500mm antes del punto critico.

$$JD1(L1)+JD2(L2-x)=25 \quad \text{donde } x=L_{\text{total}}-LE$$

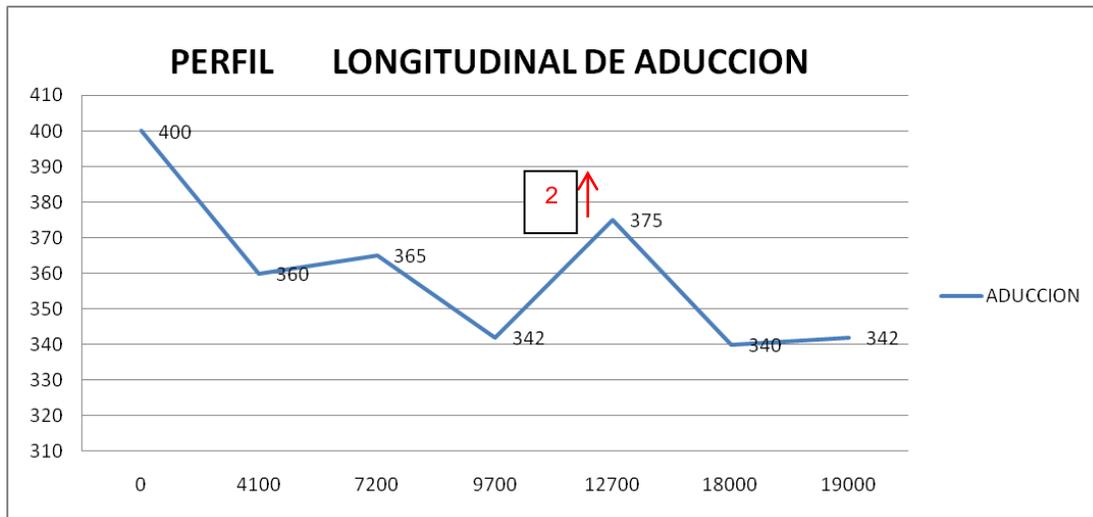
PTO ALTO	E				
Carga Disponible		400,00	-	375,00	= 25,00

Qdiseño =	195	I/S
L =	12700,00	m
φ =	600	mm
C =	100	

$$JAE = 32,24 \text{ m} > 25$$

AH > J? Hay que rediseñar

Hay que rediseñar



Evidentemente la carga disponible es menor que la requerida por lo tanto hay que rediseñar utilizando el criterio planteado

Qdiseño =	195	l/S
L =	12700,00	m
$\Delta H =$	23,00	mm
C =	100	

De esta manera se rediseña estimando los diámetros y longitudes del primer tramo de la aducción.

D = 0,560 m	0,001 L1' + 0,003 L2' = 23,00
D1 = 600 D2 = 500	L1' + L2' = 13335,00
C = 100	0,001 L1' + 0,003 L2' = 23,00
	-0,001 L1' + -0,001 L2' = -16,60
	0,000 0,002 L2' = 6,40
	L2' 3594,66 3423,48
	L1' 9740,34 9276,52
	12700,00

Conservando el nivel de energía del primer tramo se procede a rediseñar el segundo tramo. Y de aquí en adelante se puede optimizar chequeando sucesivamente los puntos altos.

REDISEÑO DESPUES DEL PTO ALTO

Qdiseño =	195	l/S
L =	6300,00	m
$\Delta H =$	29,00	mm
C =	100	

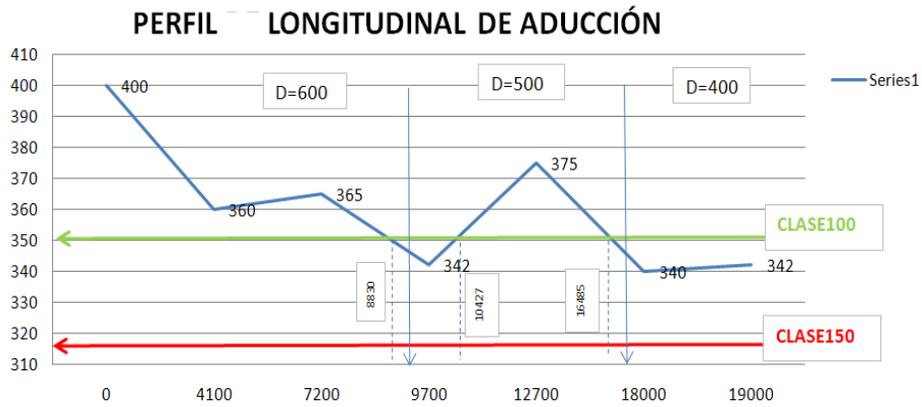
A continuación se evidencia que la optimización es un proceso iterativo que estima los diámetros y tuberías convergiendo en valores que garantizan los diámetros en manera decreciente y el mejor rendimiento de los materiales.

D =	0,462	m							
			0,003	L1'	+	0,009	L2'	=	29,00
				L1'	+		L2'	=	6615,00
D1 =	500								
D2 =	400								
C =	100								
			0,003	L1'	+	0,009	L2'	=	29,00
			-0,003	L1'	+	-0,003	L2'	=	-20,01
			0,000			0,006	L2'	=	8,99
				L2'					1440,50
				L1'					4859,50
									6300,00

Finalmente los resultados serian:

TRAMO	Dh	DI	DIAMETRO
1	4118.43	4118.628	600
2	14881.57	14881.98	500

REDISENO			
TRAMO	DH	DI	DIAMETRO
1	9276.52	9276.80	600
2	3423.48	3423.68	500
3	4859.50	4859.608	500
4	1440.50	1440.51	400



Para la representación de las clases se crea la columna de límites de clase tomando como referencia para cada clase la cota del nivel máximo de la fuente

TABLA DE CLASES

CLASE	COLUMNA DE AGUA	LIMITES
100	70	350
150	105	315
200	140	280
250	175	245
300	210	210
350	245	175

COMPUTOS METRICOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TUBERIA HIERRO FUNDIDO 600mm	mm	9,276.80
TUBERIA HIERRO FUNDIDO 500mm	mm	3,423.68
TUBERIA HIERRO FUNDIDO 500mm	mm	4,859.61
TUBERIA HIERRO FUNDIDO 400mm	mm	1,440.51
Valvulas reguladoras de presion	UNID	3.00
Ventosas o Valvulas de expulsion de aire	UNID	2.00

EJERCICIOS PROPUESTOS

EJEMPLO1

PUNTO	A	B	C	D	E	F
PROGRESIVA	0	205	515	1050	1814	3065
DISTANCIA	0	205	310	535	764	1251
COTA	328	283	304	186.4	325	296

Caudal medio 56 l/s,

Nivel máximo de la fuente 335m

Nivel minimo de la fuente 330m

Altura del estanque 4.5 m

Hierro fundido

EJEMPLO2

PUNTO	A	B	C	D	E
PROGRESIVA	0	3000	4000	7000	10000
DISTANCIA	0	3000	1000	3000	3000
COTA	200	180	170	190	165

Caudal medio 56 l/s,

Nivel máximo de la fuente 210m

Nivel minimo de la fuente 202m

Altura del estanque 5 m

Hierro fundido

EJEMPLO3

PUNTO	A	B	C	D	E	F
PROGRESIVA	0	196	305	531.3	763.94	1251
DISTANCIA		196	109	226	233	487
COTA	326	287	304	186.4	317.5	290.6

Caudal medio 20 l/s,

Nivel máximo de la fuente 332m

Nivel minimo de la fuente 328m

Altura del estanque 5 m

Hierro fundido

EJEMPLO4

PUNTO	A	B	C	D	E	F	G
PROGRESIVA	0	4100	7200	9700	12700	18000	19000
DISTANCIA		4100	3100	2500	3000	5300	1000
COTA	400	360	365	342	375	340	342

Caudal medio 130 l/s,

Nivel máximo de la fuente 410m

Nivel mínimo de la fuente 402m

Altura del estanque 6 m

Hierro fundido

DIAGRAMA DE FLUJO

MANUAL DE USUARIO

Declaracion de Variables: consiste en la etapa preliminar donde se deben reservar la base de dato o dominio de cada variable o factor a utilizar en el programa, entre las cuales se tienen:

AH=Diferencia de cota entre el nivel máximo de la fuente y el nivel minimo del estanque de almacenamiento

AHcotaP= Diferencia de cotas entre el nivel máximo de la fuente y la cota del punto más alto de la aducción

AHJ=perdida de Energía por diámetro

Dcalc= Diámetro calculado por la fórmula de Hazzen-Williams

Di=Diámetro Comercial Superior del tramo i-esimo redondeado

Di+1=Diámetro Comercial inferior del tramo siguiente al i-esimo

Li=longitud del tramo i-esimo (proyección horizontal)

Li+1=longitud del tramo siguiente al i-esimo (proyección horizontal)

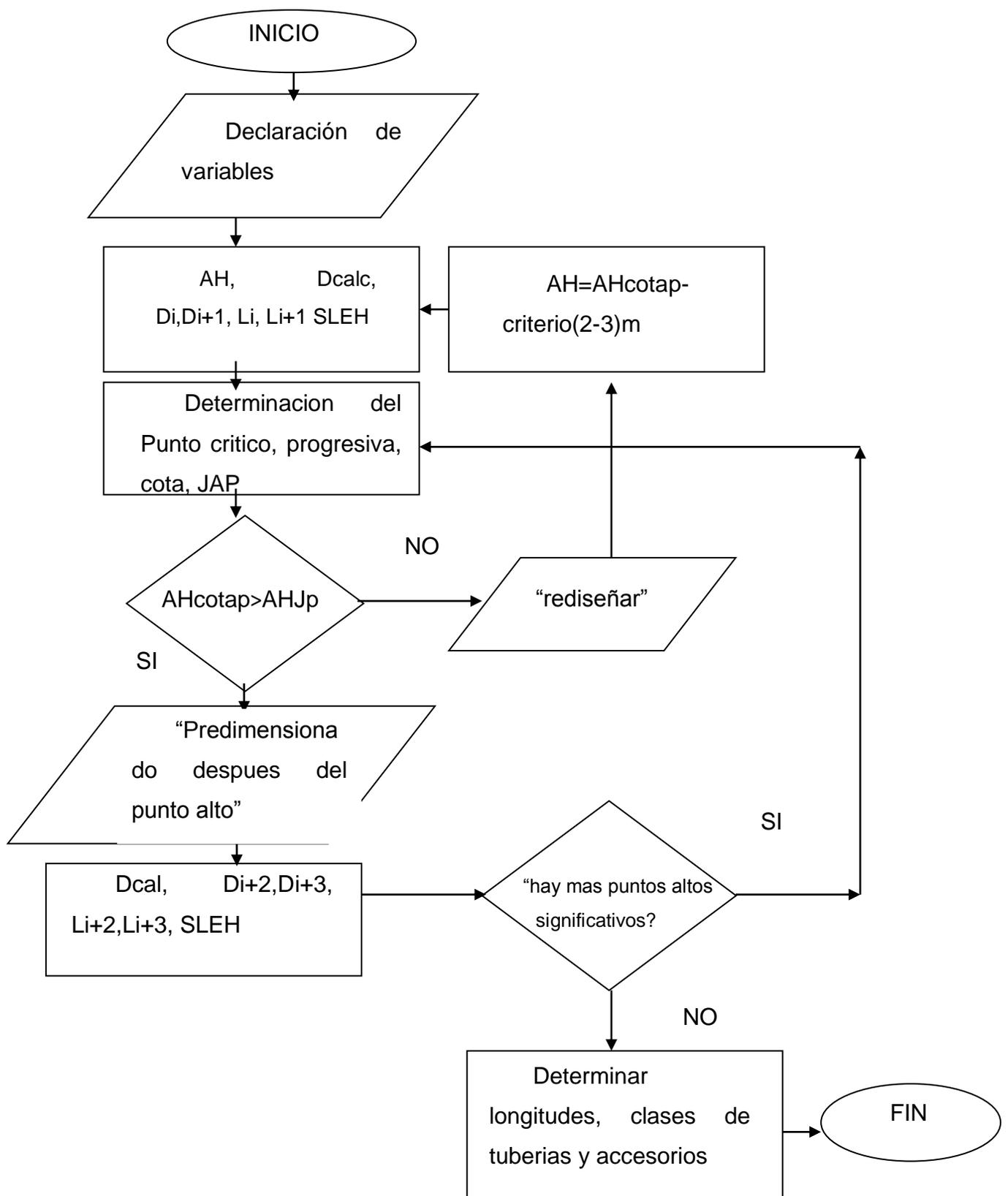
Qm=Caudal medio

Qmaxd= Caudal máximo diario

P=punto critico

JAP=AHJP Energía desde la fuente hasta el punto critico (punto mas alto de la aducción)

SELH=Sistema de ecuaciones lineales y homogéneas



CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados, se generan las siguientes conclusiones:

- A través de la revisión bibliográfica se pudo clasificar la información pertinente al diseño de líneas de aducción por gravedad, ésta información fue resumida de manera tal pudiese ser de fácil manejo y comprensión encontrando y definiendo un método para el diseño de líneas de aducción por gravedad, el cual arroja resultados precisos y óptimos para la estimación de diámetros, longitudes y clases de tuberías. Sin embargo, fue muy notorio el tiempo que lleva la realización de un diseño de éste tipo manualmente, considerando que es necesario ordenar y establecer la información preliminar, posteriormente realizar los cálculos, y si fuese el caso realizar iteraciones varias veces para lograr la optimización del sistema si es necesario, tal como se puede presentar realmente debido a las largas longitudes de tuberías que se hacen necesarias para conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el estanque de almacenamiento.
- Se hizo posible establecer todos los lineamientos y criterios necesarios para el diseño de líneas de aducción por gravedad y a su vez presentarlos de una manera sistemática y sencilla de fácil manejo y comprensión, lo cual brindó beneficios desde el punto de vista técnico y académico ya que se pudo observar un mejor desenvolvimiento del proyectista debido a la forma de presentación de la información con ahorro de tiempo y resultados óptimos.

Posteriormente, en base a dichos lineamientos, se realizó una hoja de cálculo haciendo uso de Excel, la cual es de fácil manejo y que permite estimar diámetros, longitudes y clases de tuberías en líneas de aducción por gravedad. En esta, se organiza la información preliminar de manera sencilla y arroja resultados de manera automática, haciendo énfasis en criterios necesarios para la toma de decisiones. Con el uso de dicha hoja se pudo observar satisfactoriamente que los resultados arrojados son exactos y precisos al compararlos con diseños realizados manualmente. Debe señalarse que el uso de ésta hoja de cálculo permitió un resultado óptimo en un tiempo mucho menor que al realizar el cálculo manualmente.

RECOMENDACIONES

- Realizar un manual teórico – práctico para el diseño de obras complementarias para líneas de aducción.
- Realizar un manual teórico – práctico para el diseño de líneas de aducción por bombeo.
- Realizar un software que permita realizar los cálculos para el diseño de líneas de aducción por gravedad, utilizando como herramienta de trabajo y algoritmo la hoja de cálculo presentada en éste trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. (5a ed.). Caracas: Episteme.
- Balestrini, M. (2002). Como se elabora el proyecto de investigación. (2ª.ed.) Caracas: BL consultores y asociados.
- Trisolini; E. (2009). Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales. (Manual de Proyectos) Fondo Perú – Alemania. Deuda por Desarrollo. Lima, Perú.
- Menes, M., Fernández, D., Castillo, R. y Uribe, D. (2011). *LÍNEAS DE CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD*. (Ficha Técnica). Colegio de Postgraduados Campus de Montecillo, México.
- Fernández, L. (2005) “*Nociones elementales sobre tuberías y bombas*”. (Material de Apoyo) Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela
- Arocha, S. (1997). Abastecimientos de Agua. Teoría y Diseño. Editorial Vega
- Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias para desarrollos Urbanísticos. (1989). Gaceta Oficial. 4103.
- Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. (1988). Gaceta Oficial. 4043.
- Rosenberg, A. (2010). Ranking: Los ocho países con los mayores volúmenes de agua. Recuperado de <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2010/09/09/ranking-los-ocho-paises-con-los-mayores-volumenes-de-agua-potable/>
- Agencia Venezolana de Noticias. (2010). Servicio de Agua Potable hacia el 100%. Recuperado de <http://www.gisxxi.org/noticias/servicio-de-agua-potable-en-venezuela-hacia-el-100-avn/attachment/tomando-agua/#.UI5oBIGdcZQ>.

- Tamayo y Tamayo, Mario. (1998) El Proceso de la Investigación Científica.
Mexico. Editorial Limusa
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006).Manual de Trabajo
de Grado de Especialización, Maestrías, Tesis y Doctorados.
- Parella, S. y Martins, F. (2004) Metodología de la Investigación Cuantitativa.
Caracas. FEDEUPEL.