

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación N°. 8727-15 a la

Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

POR BOMBEO "RUBÉN JARAMILLO" PERTENECIENTE AL

SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE URUAPAN,

MICHOACAN.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Sergio Antonio López Rojas

Asesor:

Ing. Anastacio Blanco Simiano.

Uruapan, Michoacán, 22 de Septiembre de 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias primeramente a mi mamá, Delia Rojas Ambríz y a mi papá, Salvador López Mondragón por su apoyo incondicional, ya que sin importar el sacrificio realizado, tuvieron la fuerza de seguir adelante por mis hermanos y yo, durante muchos años. En realidad sin ellos nunca hubiera llegado a esta instancia de mi vida.

Le doy gracias mis hermanos: Victoria, Marcela, Miguel y Ángeles, porque en los momentos difíciles siempre nos mantuvimos unidos, su apoyo y sacrificio siempre fue de gran ayuda en mi vida y carrera.

Gracias a Dios, porque con la fe que tengo en El, nunca perdí las fuerzas para seguir adelante, ya que por momentos creí que no iba a lograr este objetivo.

A mis asesores, Ingeniero Anastacio Blanco Simiano por sus enseñanzas, no sólo académicas, también morales y espirituales, así como al Licenciado Juan Luis Moreno por su apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al Ingeniero Carlos C. Pérez, porque sin esperar nada a cambio, tuvo la disponibilidad, no sólo de su tiempo sino el de sus colaboradores, como lo fueron los Ingenieros Alfredo Valencia y Juan Aburto, los cuales prestan sus servicios a C.A.P.A.S.U. y a los que doy las gracias por su apoyo.

Ofrezco mi agradecimiento, amistad, apoyo y lealtad. a la generación 2004-2009, ya que ellos fueron, son y serán mis hermanos de grupo y de profesión: Elías Díaz, Jesús López, Ángel Meza, David Montes, Iván Murillo, Alejandro Valencia, Aldo Vargas, Yacxuef Ortiz, Israel Villanueva, Luis Ambríz, y por último, Rafael Peñaloza, Elí García y Noel Rodríguez.

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil que colocaron a disposición sus conocimientos: Alfonso Mancera, Guillermo Navarrete, Omar Navarro, Sandra Parra, Demián Venegas, Antonio Corza, Antonio Amaro, Alfonso Cázares, Salvador Elvira, Carlos Minchaca, Jacob Rocha, Francisco Soriano, Roberto Moreno, Esteban Brito, Graciela Arroyo, José Luis Valencia, por formar parte en el desarrollo profesional de la generación 2004-2009 Gracias.

Por último, a las personas que atienden la biblioteca de Universidad Don Vasco, por la gentileza con que fui tratado, por el apoyo y disponibilidad que me brindaron a lo largo del desarrollo de esta investigación. Deseo de corazón que Dios bendiga las vidas de todas las personas antes mencionadas, MUCHAS GRACIAS.

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	4
Objetivos.	5
Pregunta de investigación.	6
Justificación.	7
Marco de Referencia.	8

Capítulo 1.- Datos básicos de proyecto.

1.1.- Datos de proyecto.	12
1.2.- Población.	12
1.2.1.- ¿Dónde y cómo se obtienen los datos de la población?	13
1.2.2.- Métodos para la previsión de la población.	14
1.3.- Vida Útil y Periodo de Diseño.	15
1.3.1.- Vida Útil.	16
1.3.2.- Periodo de diseño.	18
1.4.- Consumo.	19
1.4.1.- Factores que afectan el consumo.	21
1.5.- Demanda.	23
1.5.1.- Proyección de la Demanda.	23
1.6.- Dotación.	23
1.7.- Variaciones y Datos de diseño.	24

Capítulo 2.- Estudios preliminares.

2.1.- Geohidrología.	27
2.1.1.- Distribución del agua en el subsuelo.	30
2.1.2.- Flujo del agua del subsuelo	31
2.1.3.- Hidráulica de pozos y manantiales.	32
2.2.- Geología.	33
2.2.1.- Clasificación de las rocas.	34

2.2.2.- La Geología como clasifica y beneficia las formaciones de Acuíferos.	35
2.2.3.- Características de las rocas sedimentarias como formadores de acuíferos.	37
2.3.- Geofísica.	37
2.3.1.- Clasificación de los métodos geofísicos.	38
2.4.- Hidrología superficial.	39
2.4.1.- Descripción de los fenómenos hidrológicos.	41
2.5.- Topografía.	44
2.5.1.- Composición de topografía.	44
2.5.2.- Las aplicaciones de la topografía	46
2.5.3.- Descripción de las mediciones topográficas.	47
2.6.- Recomendaciones para recopilación de datos.	49

Capítulo 3.- Captación, conducción, y regularización.

3.1.- Obras de Captación.	50
3.1.1.- Fuentes de abastecimiento.	50
3.1.2.- Captación de aguas superficiales.	51
3.1.2.1.- Captación directa.	52
3.1.2.2.- Torres de toma.	54
3.1.2.3.- Presas de derivación.	55
3.1.2.4.- Presas de almacenamiento.	56
3.1.3.- Captación de aguas subterráneas.	58
3.1.3.1.- Captación en manantiales.	59
3.1.3.2.- Galerías filtrantes.	60
3.1.3.3.- Puyones.	62
3.1.3.4.- Pozos someros.	64
3.1.3.5.- Pozos profundos.	65
3.1.4.- Captación de aguas meteóricas o atmosféricas.	67
3.2.- Obras de conducción.	68
3.2.1.- Obras de conducción por gravedad.	69
3.2.2.- Obras de conducción por bombeo.	70
3.3.- Obras de regularización.	71
3.3.1.- Obra de regularización superficial.	72

3.3.2.- Obras de regularización elevada.	74
3.3.3.- Capacidad de reserva.	75

Capítulo 4.- Piezas de seguridad, piezas especiales, tuberías, bombas, colocación y conformación de las mismas.

4.1.- Válvulas (Piezas de seguridad).	77
4.1.1.- Válvulas de seccionamiento.	77
4.1.2.- Válvulas de seguridad.	78
4.1.3.- Válvulas de no retorno.	80
4.1.4.- Válvulas de Limpieza.	80
4.1.5.- Dispositivos de aforo.	81
4.1.6.- Registros.	82
4.2.- Piezas especiales.	83
4.2.1.- Juntas.	83
4.2.2.- Carretes.	84
4.2.3.- Extremidades.	84
4.2.4.- Tee's.	85
4.2.5.- Descarga múltiple con forma de Yee.	85
4.2.6.- Cruces.	85
4.2.7.- Codos.	86
4.2.8.- Reducciones-Ampliaciones	86
4.2.9.- Coples.	86
4.2.10.- Niples.	87
4.2.11.- Tapones y tapas ciegas.	87
4.2.12.- Bridas.	87
4.3.- Tipo de tuberías.	88
4.3.1.- Tubería de fierro fundido.	88
4.3.2.- Tubería de acero al carbono soldable.	88
4.3.3.- Tubería de fibrocemento (asbesto-cemento).	90
4.3.4.- Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC).	91
4.3.5.- Zanjas para la instalación de líneas de conducción.	94
4.3.6.- Atraques.	96
4.4.- Equipos de bombeo.	97

4.4.1.- Clasificación de bombas.	98
4.4.2.- Colocación y armado del sistema electromecánico de una bomba.	99
4.4.3.- Dispositivos de seguridad en equipos de bombeo.	107
4.5.- Partes que conforman un precio unitario.	108
4.6.- Simbología.	108

Capítulo 5.- Normatividad de análisis, diseño y costo para una línea de conducción por bombeo.

5.1.- Predimensionamiento de tuberías, Criterio de Bresse.	110
5.2.- Ecuación de la energía.	111
5.2.1.- Criterios para el cálculo de la presión actuante por bombeo.	113
5.2.2.- Cálculo de pérdidas por fricción y locales para líneas de descarga.	113
5.3.- Fenómenos transitorios en tuberías.	114
5.3.1.- Golpe de ariete (sobrepresión y subpresión).	115
5.3.2.- Criterios para el cálculo de la presión debida a golpe de ariete.	115
5.3.2.1.- Módulo volumétrico de elasticidad.	118
5.3.2.2.- Módulo de elasticidad.	118
5.3.3.- Cálculo de la presión de golpe de ariete para líneas de conducción con diferentes tuberías.	119
5.4.- Diseño de equipos de bombeo.	120
5.4.1.- Funcionamiento básico de una bomba hidráulica.	120
5.4.2.- Selección del equipo de bombeo.	123
5.4.2.1.- Altura manométrica (Hm).	123
5.4.2.2.- Velocidad Específica.	124
5.4.2.3.- Potencia de trabajo.	125
5.4.2.4.- Fenómenos transitorios en bombas (Cavitación).	126
5.5.- Cálculo del costo base de la propuesta de solución.	131

Capítulo 6.- Metodología.

6.1.- Método empleado.	134
6.1.1.- Método matemático.	135
6.2.- Enfoque de la investigación.	136
6.2.1.- Alcance de la investigación.	136

6.3.- Diseño de la investigación.	. . . . .	137
6.4.- Instrumentos de recopilación de datos.	. . . . .	138
6.5.- Población y Muestra.	. . . . .	139
6.6.- Descripción del proceso de investigación.	. . . . .	140

Capítulo 7.- Cálculos, análisis e interpretación de resultados.

7.1.- Localización de la conducción.	. . . . .	141
7.2.- Datos de proyecto.	. . . . .	142
7.3.- Estudios o Datos Preliminares.	. . . . .	144
7.4.- Captación, Conducción y Regularización..	. . . . .	145
7.5.- Cálculo de tubería propuesta.	. . . . .	145
7.6.- Cálculo del Equipo Electromecánico Propuesto. .	. . . . .	152
7.7.- Normativa para Instalación de Conducciones por Bombeo.	. . . . .	165
7.8.- Cálculo del Presupuesto Base para la Propuesta de Solución.	. . . . .	168

Conclusión. **176**

Bibliografía. **181**

Anexos.

RESUMEN

De manera general, esta investigación trata sobre líneas de conducción de agua potable, en específico del tipo por bombeo, ya que dicho tema tiene bases en un problema de abastecimiento de agua potable para la colonia Rubén Jaramillo con una conducción de estas características.

En dicho documento se trata las bases teóricas de las conducciones por bombeo, iniciando de lo general a lo particular; en un principio se enuncian los problemas y generalidades de la conducción por bombeo Rubén Jaramillo.

La finalidad es proponer una solución para dicho sistema de bombeo y buscar las deficiencias que pudiera tener en su funcionamiento.

El resultado, la conclusión y las propuestas demostraron ser satisfactorias, por lo que se llegó a la siguiente solución.

Se propone hacer el cambio de la línea de conducción de los linderos del Parque Nacional "Barranca del Cupatitzio" hasta el predio donde se ubican los tanques de regularización en la esquina de las calles Juventino Rosas y Lucio Blanco, la longitud es de 1606 metros lineales donde ya existe pavimento, además se propone colocar tubería de PVC, también se decide no modificar la conducción dentro del parque ya que solo es necesario pintarla debido a que es de acero. En lo que respecta al equipo electromecánico se decide modificarlo y se propone colocar dos bombas, y se finaliza con un presupuesto base del costo de esta solución propuesta.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo del ser humano, se forma por dos compuestos que son el hidrógeno y el oxígeno, a temperatura ambiente es inodoro, incoloro e insípido. Es el único que presenta las tres fases de la materia (sólido, líquido, gaseoso), de acuerdo a Legarreta Guerrero (1991).

Ningún ser vivo es capaz de sobrevivir en ausencia de este recurso. Por la importancia que representa el agua en el desarrollo de la sociedad y la necesidad de sobrevivencia humana, se ha tenido que recurrir a captar de la naturaleza y llevarla a los asentamientos humanos. Este problema ha llevado a la comunidad humana a mejorar los sistemas de abastecimiento de agua.

Como menciona el Colegio de Ingenieros de México en el libro “Ingeniería Civil Mexicana, un encuentro con la historia” (1996), las primeras civilizaciones tuvieron como una de las actividades principales el aprovechamiento del agua y su energía, ya que del uso racional del agua dependía la fertilidad de la tierra, el sustento de los pueblos (obras de irrigación y aprovechamiento), y del control de las fuerzas desbordadas de los ríos ya que de esto dependía la vida humana en algunos lugares (obras de control).

Así, los egipcios construyeron obras hidráulicas como presas para coleccionar el agua de lluvia, y en caso de creciente desviarla y almacenarla, también se habla de canales, obras de desvío, y compuertas, los romanos en los tiempos de apogeo del imperio construyeron acueductos y túneles que cruzaban valles y atravesaban

montañas, y los griegos construyeron canales y acueductos capaces de conducir el agua desde la captación hasta las grandes ciudades de lo cual se habla de cientos de kilómetros. Menciona Larry W. Mays en su Manual de sistemas de distribución, un sistema de bombeo en 1890 instalado en Filadelfia, E.U.A.

Por otra parte, al consultar la biblioteca de la Universidad don Vasco se encontró que el tema que aborda esta tesis ya antes ha sido investigado y en total se encuentran publicadas cuatro tesis.

La primera, se titula “Fugas en Redes de Distribución de Agua Potable” presentada por Héctor González Luna en México DF. En 1986 que habla acerca de las fugas que se pueden producir en una tubería de conducción y distribución principalmente por las altas y bajas presiones de los fenómenos transitorios. A la que se encuentran sometidas dichas tuberías. El objetivo es mencionar las causas más frecuentes de fugas en los sistemas de agua potable y detectar la localización de fugas por los métodos principales y más usados además de resolver y prevenir los problemas desde la construcción del mismo. Se cumple con el objetivo ya que solo se mencionan las fugas presentadas por una tubería.

La segunda de estas se titula “Abastecimiento de Agua Potable y Red de Distribución para las Colonias y Fraccionamientos de San Rafael en la Zona Oriente de Uruapan Michoacán” que presenta Felipe Zacarías Gómez en Octubre de 2002 Uruapan Michoacán México. La misma trata esencialmente de un problema y solución de abastecimiento de agua potable y especifica cada paso que se llevó a cabo para dotar de agua a la población beneficiada con esta. El objetivo fue abastecer de agua a la población mencionada para resolver las necesidades de los

pobladores del lugar basándose en las normas y especificaciones de la C.N.A. Se cumplió con el objetivo ya que se pretendía diseñar y proyectar esta obra basándose en las Normas y Especificaciones vigentes.

El título de la tercera investigación es “Sistemas de Agua Potable para la Colonia Santa Cruz” y fue presentada por Carlos Alberto Caballero García en Noviembre de 2001 en Uruapan, Michoacán, México. Se referencía a un abastecimiento de agua potable, que trabaja por medio de un sistema de bombeo y el cual suministra el líquido a esta colonia donde igualmente se proyecta, analiza y diseña dicha obra hidráulica. Se basa en las Normas y Especificaciones de la C.N.A. Se cumple con el objetivo ya que el sistema diseñado aportará agua a la colonia Santa Cruz.

Y la cuarta se titula “Diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural en el estado de Puebla” es presentada por Efraín Deschamps Gutiérrez de Velasco en Mayo de 2006 en Cholula, Puebla, México. El objetivo es proponer el diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural en el estado de Puebla que cubrirá las demandas de la población,. El proyecto fue realizado con éxito y las especificaciones de la Comisión Nacional del Agua que rigen el diseño de agua potable del país, así como el American Water Works Association, aclarando que no se habla de presupuesto y proceso constructivo de la obra ya que la tesis sólo se enfoca al diseño del sistema de agua potable.

(www.udlap.mx; 2010)

Planteamiento del problema.

El bombeo es parte de un sistema de abastecimiento de agua potable que cumple la función de llevar desde la obra de captación hasta la obra de regularización el líquido, venciendo una altura o desnivel que se tiene entre estos dos puntos, es decir, la captación se encuentra ubicada a una altura inferior con respecto a la obra de regularización.

La instalación de bombeo "EL PESCADITO" es un sistema que abastece agua potable captada del manantial "EL PESCADITO", dicha central se subdivide en cuatro bombes de los cuales uno alimenta a un tanque de regularización superficial y otro elevado, este conjunto se llama Bombeo RUBÉN JARAMILLO – este será el sistema del que trata la tesis-, estos tanques a su vez se conectan a la red de distribución de agua potable de la colonia Rubén Jaramillo ubicada en la zona poniente de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

La tubería que cumple la función de conducir el líquido así como la instalación electromecánica, se encuentran en condiciones de trabajo bajas, ya que tienen operando muchos años, es por esto que se ha planteado la propuesta de solución de esta instalación con el propósito de conocer las condiciones en que opera el sistema de bombeo. De esta manera proponer una solución, ya sea preventiva o correctiva, o bien, de cambio parcial o total del mismo.

El tema que se está desarrollando se basa en el problema que se ha venido presentando en la operación del sistema de bombeo. Ya se ha suscitado un problema con la tubería, al instalarse el tanque elevado, con el fin de satisfacer la demanda de agua de la colonia ya que el tanque antiguo se vio rebasado por la

población y la presión en ese lugar no era la adecuada para poder distribuir el agua recibida por dicho tanque. Una sección de la tubería se rompió a causa del rebase de la línea de sobrepresión máxima causando problemas y la reparación de la misma. Además de no saber cuál es el tiempo de funcionamiento que tiene dicha línea de conducción.

También es necesario mencionar que no se tienen datos precisos de las características de la tubería, es decir, no se conoce ni el calibre de tubería, ni la calidad del tubo, y no se conoce con exactitud el tipo de material de la misma, ya que la administración actual no instaló la conducción, pero la misma ya ha tenido que solucionar problemas en este sistema. Por estas razones es justificable la revisión de la tubería brindando a las autoridades y a los habitantes una información segura sobre el funcionamiento de dicha tubería. Debido a las condiciones de análisis se propondrá otra tubería para solucionar los estragos causados por el sistema de bombeo.

Objetivos.

A continuación se describen los objetivos que surgen a raíz del problema de la conducción mencionada y que se estima darán solución a la misma.

Objetivo general:

Proponer una solución para la línea de conducción por bombeo "Rubén Jaramillo" buscando las deficiencias que pudiera tener en su funcionamiento, la

cual se encuentra ubicada en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio en Uruapan, Michoacán.

Objetivos particulares:

- 1.- Comprobar si los datos de proyecto satisfacen la demanda de agua.
- 2.- Describir las características físicas de la zona donde se localiza la conducción.
- 3.- Calcular las presiones a las que se someten las partes de la conducción.
- 4.- Diseñar la línea de conducción.
- 5.- Diseñar el equipo electromecánico o bombeo.
- 6.- Presupuestar el costo de la línea de conducción y equipo de bombeo propuesto.

Pregunta de investigación.

El sistema de bombeo “Rubén Jaramillo” que abastece de agua potable a las colonias Rubén Jaramillo, 2 de Mayo y 28 de Octubre ubicado en el Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio” requiere una solución para los problemas que ha venido presentando siendo esta la principal razón que da pie a la investigación que trata la tesis.

Ahora bien, la pregunta que habrá de resolverse es: ¿Qué medidas preventivas y correctivas se pueden proponer para mejorar el funcionamiento de sistema de bombeo Rubén Jaramillo una vez que se obtengan los resultados del análisis que se realizará a este mismo?

Justificación.

Esta tesis beneficiará a los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. ya que aportará a dicha institución una investigación más como apoyo a los antecedentes sobre el tema de conducción por bombeo para proyectos de tesis posteriores que pudieran desarrollar estos. Así mismo se aportará una nueva investigación a la Ingeniería Civil ampliándose así el estudio de la conducción del agua, lo cual ayuda en el progreso de la humanidad. Por otro lado, los habitantes de la colonia Rubén Jaramillo serán beneficiados, ya que tendrán una propuesta para solucionar los problemas que presenta una de las partes del sistema de abastecimiento que proporciona de agua potable a los pobladores de la misma porque una de las necesidades básicas de una persona es el consumo de agua potable, Por último se verá con gratitud el autor, esto debido a que con la publicación de este documento tendrá la oportunidad de obtener su título profesional con el cual podrá ejercer la profesión de Ingeniero Civil.

Marco de referencia.

El Sistema de bombeo "Rubén Jaramillo" se encuentra situado sobre la margen derecha del río Cupatitzio dentro de los límites del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio y es alimentada por el manantial llamado El Pescadito (según la S.A.R.H. este manantial en 1987 tenía un caudal de 1807 lps y en la actualidad de 500 lps según C.A.P.A.S.U.), aproximadamente a 100 metros del manantial "Rodilla del Diablo", mismo que indica el inicio de la corriente principal del río Cupatitzio.

La línea de conducción pasa a través de las colonias Rubén Jaramillo, 2 de Mayo y 28 de Octubre, colonias con una población de clase media.

Los tanques de regularización se encuentran ubicados en la colonia Rubén Jaramillo al poniente de la ciudad de Uruapan en el municipio de Uruapan, Michoacán, México, entre las calles Lucio Blanco, Juventino Rosas e Ignacio Allende, sin número.

La bomba hidráulica tiene una potencia de 100 HP y un caudal de 30 lps, la planta motriz se encuentra instalada sobre un cárcamo de bombeo que aloja los alabes o aspas, a su vez provocan el movimiento del agua a través de la bomba, después se conecta a la tubería de conducción formada desde la conexión de la bomba hasta los límites del parque por tubería de acero de 6 pulgadas de diámetro interior y calibre variable, aproximadamente 250 metros de longitud en total de tubería de acero el resto esta constituida quizás de tubería de asbesto-cemento y PVC de 6 pulgadas de espesor variable. Una vez que llega al tanque de regularización unos metros antes se encuentra un pequeño cubículo donde se aloja una caja de válvula o registro que protege a una pieza especial tipo TEE, dicha pieza

comienza a trabajar cuando se cierra una válvula de compuerta situada a una corta distancia de la TEE, una vez rebasada la pieza se cambia de nuevo a tubería de acero que llega hasta la descarga. Gracias a este sistema el tanque elevado es suministrado de agua potable.

El río Cupatitzio junto con el río Santa Bárbara e Infiernitos, forman parte del afluente que alimenta al río Tepalcatepec, uniéndose a su vez con el río Balsas, todos ellos forman parte de la cuenca hidrológica del Balsas una de las más importantes de México, menciona Amilcar Moreno (1994).

El Parque Nacional Barranca del Cupatitzio (antes Lic. Eduardo Ruíz), se encuentra localizado en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México. La ciudad es la cabecera del municipio número 109 del estado de Michoacán. Geográficamente la subcuenca del río Cupatitzio (Región Hidrológica N°18) es exorreica, se encuentra ubicada sobre las coordenadas 19° 20' y 19° 33' 49" latitud norte, en los meridianos 102° 00' y 102° 14' 2" longitud oeste, y una altitud de 1600 m.s.n.m. promedio, el clima es semicálido con lluvias en verano y un porcentaje bajo de lluvias en invierno, la temperatura media anual es de 18° a 22° C. El suelo esta formado principalmente de arcillas producto del transporte pluvial y de origen volcánico en el centro de los valles, ricos de materia orgánica y de textura ligera, la vegetación se constituye de coníferas del genero pinus principalmente, además de arbustos herbáceas y forrajes medicinales e industriales.

A continuación se presenta un conjunto de fotografías que ilustran El sistema de bombeo "EL PESCADITO", al cual pertenece el bombeo Rubén Jaramillo, las

calles por donde pasa la línea de conducción y el predio donde se ubican las obras de regularización.

CENTRAL DE BOMBEO “EL PESCADITO”, BOMBEO RUBÉN JARAMILLO.



Foto 1.- Caseta de operación, Cárcamo y Bomba, Rubén Jaramillo, y Foto 2.- Manantial el pescadito.

Fuente: propia.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO RUBÉN JARAMILLO.



Foto 3.- Calle Hermanos Flores Magón, y Foto 4.- Calle Francisco J. Mújica.

Fuente: propia.

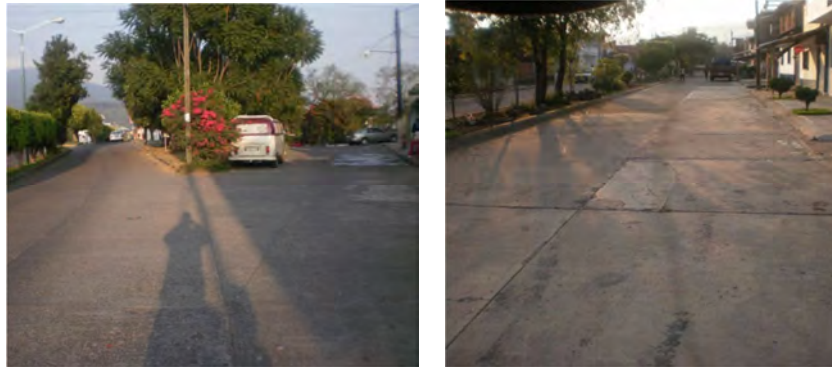


Foto 5.- y Foto 6.- Intersección de Avenida Lenin con calle Fco. J. Mújica.

Fuente: propia.

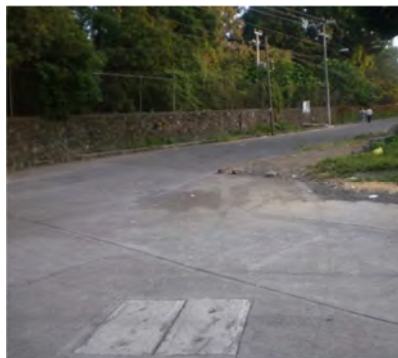


Foto 7.- Calle anillo de Circunvalación y linderos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio.

Fuente: propia.

TANQUES DE REGULARIZACIÓN RUBÉN JARAMILLO.

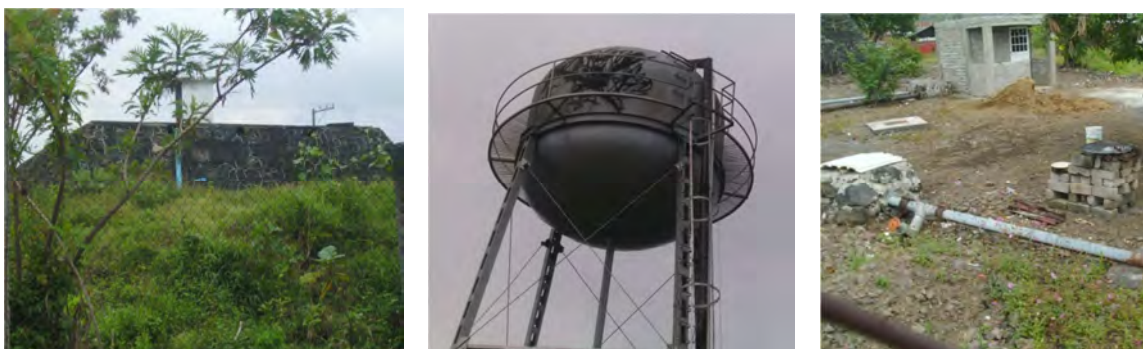


Foto 8.- Tanque Superficial, Foto 9.- Tanque Elevado y Foto 10.- Caseta de la TEE.

Fuente: propia.

CAPÍTULO 1

DATOS BÁSICOS DE PROYECTO.

En este capítulo se hablará de la información necesaria para poder ejecutar una obra de abastecimiento de agua potable, teniendo en cuenta que sólo se realizará desde la captación hasta la regularización de dicho sistema. Para poder hacer un proyecto de esta magnitud se requiere saber el número de habitantes a quienes se dará el servicio, la cantidad de agua que requiere y los problemas que pudieran afectar dicho abastecimiento.

1.1.- Datos de proyecto.

Los datos de proyecto son valores encontrados en investigaciones previas para poder diseñar un sistema de agua potable.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (1994), para elaborar un proyecto se necesita tener mucho cuidado al definir dichos datos, ya que estimaciones exageradas provocarían un sobredimensionamiento en el proyecto ejecutivo, y estimaciones escasas dan como resultado sistemas que se saturan a corto plazo. Generalmente en ambos casos se presentan malas inversiones.

1.2.- Población.

La población se define como la cantidad de usuarios que serán estudiados de tal manera que se verán beneficiados con dicho proyecto. Los factores principales

del cambio en la población son el aumento natural (nacimientos y muertes) y la migración neta (movimiento total o parcial de una familia dentro o fuera de un área determinada). Además se divide en dos partes. Las cuales se mencionan a continuación.

Población Actual: es el número de habitantes registrados al inicio del estudio preliminar y del inicio de operación del proyecto u obra.

Población de Proyecto: es el número de habitantes virtualmente estimados para el final del periodo de diseño de dicho proyecto u obra.

1.2.1.- ¿Dónde y como se obtienen los datos de la población?

Se obtiene mediante la información que proporciona el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), y se comparan con los registros de contratos de Comisión Federal de Electricidad (CFE) que a la vez sirven para conocer el tipo de zona habitacional y medio socioeconómico que se está estudiando. Basándose en el crecimiento histórico de la Comisión Nacional del Agua (CNA), las variaciones en la tasa de crecimiento así como sus características y los enfoques de desarrollo económico de la localidad en un horizonte aproximado de 20 años, referenciado al Plan Nacional de Desarrollo Urbano, a los censos de INEGI y a los registros de CFE. En el caso de INEGI en base a los censos realizados se publica un parámetro llamado ÍNDICE de POBLACIÓN por VIVIENDA, el cual indica la cantidad promedio de personas que vive en una casa.

Para casos particulares de obtención de población es necesario usar otros métodos.

1.2.2.- Métodos para la previsión de la población.

Menciona McGhee Terence en su libro “Abastecimiento de Agua y Alcantarillado” (1981), que se han utilizado varios métodos, pero es preciso señalar que el ingeniero debe enjuiciar por sí mismo cuál de estos es más apropiado, ya que es difícil estimar la población en algún año futuro. Para este fin se utilizan los siguientes métodos.

Método aritmético: está basado en la hipótesis que dice que la tasa de crecimiento es constante. Para poder usar este método se debe analizar el crecimiento de la población de acuerdo a los censos y verificar que en efecto, dicho crecimiento resulte ser constante, la fórmula es la siguiente:

$$P_t = P_o + Kt \text{ (Cortesía McGhee)}$$

Donde: t =Periodo de tiempo de proyección.

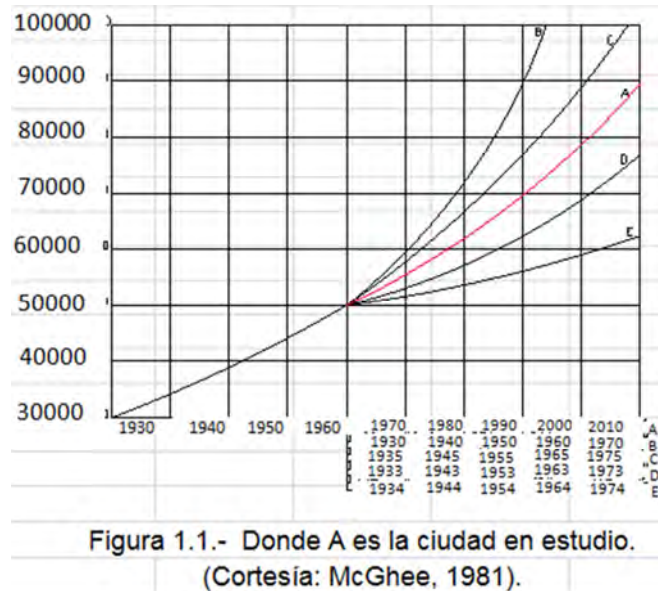
P_o =Población inicial.

P_t =Población al final de la vida útil del proyecto.

$K = \Delta p / \Delta t$ constante de crecimiento de población determinado gráficamente.

Método curvilíneo: es la representación de la curva de crecimiento de la población en el pasado y la extrapolación gráfica que se da a la misma. Una variante podría ser la comparación del crecimiento de esta población con la de otras ciudades más grandes con las mismas características que tuvieron estas. Entre estas

características se menciona, proximidad geográfica, similitud de posibilidades económicas, acceso a los mismos sistemas de transporte etc.



Método Geométrico: está basado en la hipótesis que dice que la tasa de crecimiento tiene un alto índice y se aplica a ciudades nuevas, la fórmula es la siguiente:

$$P_t = P_o (1 + r)^n \text{ (Cortesía McGhee).}$$

Donde: P_t = Población Futura.

P_o = Población Actual.

r = Índice de crecimiento.

n = Periodo económico (tiempo del proyecto).

1.3.- Vida Útil y Periodo de Diseño.

Menciona Enrique César Valdez en su libro "Abastecimiento de Agua Potable" (1993), que el Periodo de diseño y vida útil de toda obra se basa en el crecimiento urbano que la condiciona a una acción dinámica provocada por la población.

1.3.1.- Vida Útil.

Se define como el tiempo que se mantendrá dicha obra en operación, este periodo se caracteriza por el rebase de la capacidad de diseño, es decir, que aún puede funcionar pero ya no es capaz de satisfacer las necesidades de demanda de la población, terminando su periodo de servicio, culmina su vida útil y su operación volviendo muy costoso su mantenimiento. La tabla 1.1.- indica la vida útil de algunos elementos.

ELEMENTOS	VIDA ÚTIL (años)
1.- Pozos excavados.	30
2.- Pozo perforado sin pantalla (filtro).	20
3.- Pozo perforado con pantalla (filtro).	10
4.- Motor diesel rapido.	10
5.- Motor diesel lento.	15
6.- Bomba tipo pozo profundo.	15
7.- Bomba centrifuga horizontal.	18
8.- Bomba de pistón.	20
9.- Bomba sumergible.	8
10.- Edificio permanente.	40
11.- Tanques de almacenamiento de: concreto y mampostería, tubería de concreto	40
12.- Líneas y tuberías de acero recubiertas y tuberías de concreto reforzado.	25
13.- Líneas y tuberías de acero sin recubrir.	20
14.- Tubería de asbesto-cemento, P.V.C.	20
15.- Tuberías de fierro fundido secundarias	15
16.- Equipo de filtración, ablandamiento y desinfección.	15
17.- Válvulas de: compuerta, globo, etc.	15
18.- Medidores de agua, instrumentos de medición y accesorios	8
19.- Motor eléctrico.	20
20.- Arrancador eléctrico.	15
21.- Tanque de almacenamiento de acero y cobre.	20

Tabla 1.1.- Vida útil de diversos elementos de un sistema de Abastecimiento de Agua Potable
Cortesía: Cesar, (1990).

La vida útil dependerá de factores tales como:

- a) Calidad de la construcción y materiales utilizados en la ejecución de la obra.

Se debe realizar un trabajo excepcional en cuanto a la obra civil, ya que tendrá que soportar a las estructuras de control y equipos electromecánicos, la

calidad de la construcción marcará el funcionamiento ya sea eficiente o deficiente del sistema.

b) Calidad de los equipos electromecánicos y de control.

En porcentaje los equipos suelen ser más caros pero, si la colocación de la tubería y la construcción de la obra civil llegarán a presentar problemas se tendría que sustituir completamente cada uno de los elementos, esta es la razón por la que es más económico colocar y modificar o sustituir los equipos electromecánicos ya que la maniobra es mucho mas fácil de concluir.

c) Calidad del agua.

Una característica importante que se debe tomar en cuenta, ya que la composición física del agua marcará en cierta medida la vida útil del sistema.

d) El diseño del sistema.

Si el sistema presenta errores en su construcción y diseño, se tendrá que disponer un porcentaje de la inversión para corregir dichos errores, este uso de recursos se observará en el costo final de la obra, además de presentar defectos en la operación, el decremento en el servicio efectuado, la vida del conjunto y trabajará forzado.

e) Operación y mantenimiento.

El más importante de todos, la vida útil del sistema dependerá de la forma en que se le dará mantenimiento y operación, ya que la constancia de estos aspectos prolongarán o acortarán dicha vida. Se deberá dar un

mantenimiento preventivo y no correctivo por que este hecho provocará la reducción de la eficacia y eficiencia de la obra.

1.3.2.- Periodo de diseño.

Los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable se proyectan con capacidad prevista para dar servicio eficaz y eficiente durante un lapso futuro después de su instalación y puesta en operación definido por el cálculo de la población de proyecto.

A continuación se describen los pasos para definir el periodo de diseño:

De acuerdo a Cesar (1990), estos son los pasos que se siguen para definir el periodo de diseño.

1.- Vida útil de la estructura y equipos, es decir, que se toma en cuenta el estado actual y lo obsoletas que llegarán a ser.

2.- Facilidad o dificultad para ampliar las obras planeadas y que existen al momento de remodelación y ejecución provista.

3.- Prevención de los crecimientos urbanos, comerciales e industriales.

4.-Tasas de interés sobre lo que se debe (prestamos bancarios y patrocinadores).

5.- Comportamiento de la obra en los primeros años de operación (no opera a su máxima capacidad).

1.4.- Consumo.

El consumo se define como la cantidad de líquido para mitigar una necesidad de la población, “los consumos de agua varían con los países e inclusive con las regiones. Por ejemplo en ciudades el consumo es mayor que en zonas rurales. Otro de los motivos que se deben mencionar son las condiciones climatológicas e hidrológicas de la región, también costumbres locales y finalmente el tipo de actividades” de acuerdo con Cesar (1990:50). Lo anterior engloba los factores directos de consumo.

De acuerdo a McGHee (1981), estos son los tipos de consumo que se toman en cuenta y a continuación se mencionan:

a) Doméstico.

Es la cantidad de agua suministrada a casas y hoteles. Para uso sanitario, bebida, lavado, baño, etc. El uso varía de acuerdo a las condiciones de vida de los consumidores. Se considera una cantidad de 50% del total de un suministro.

b) Comercial, turística e industrial.

Cantidad de agua suministrada a instalaciones industriales turísticas y comerciales, dependerá de las condiciones de la ciudad, como lo son grandes industrias y comercios (en ciudades donde se planeó el crecimiento demográfico estas zonas son establecidas en lugares estratégicos volviendo más sencillo el procedimiento de suministro). El consumo realizado por estas dos partes es relacionado con el área que abarcan, es decir, litros consumidos por metro cuadrado.

c) Usos públicos.

Se relaciona con el abastecimiento realizado a los públicos. Entre los que se pueden mencionar se encuentran sedes de dependencias y organismos gubernamentales, casas consistoriales, hospitales, cárceles, escuelas, etc. Además de servicios públicos tales como riego de jardines municipales, fuentes en plazas, limpieza en vialidades y calles secundarias.

d) Protección contra incendios o desastres.

Esta clase de consumo se puede tomar en cuenta como uso público, pero se debe mencionar que la cantidad de agua utilizada para cubrir esta necesidad suele elevar en grandes volúmenes el consumo en un periodo de tiempo corto (hasta menos 30 minutos).

e) Pérdidas y derroches.

Son “no computables”, menciona McGHee (1981), que esta agua no computable se considera como la que se pierde en deslizamientos sobre contadores, bombas, conexiones no registradas, fugas en tuberías de distribución y depósitos. Sin embargo suelen ser considerables ya que su valor llega a ser conocido, la manera de contrarrestar esta clase de uso es dando mantenimiento a las tuberías y utilizando medidores en todo el sistema ya que de esta manera se tendrán registros más claros de los volúmenes utilizados, y la presión real de la tubería previniendo así fugas.

f) Irrigación.

De acuerdo con César (1990), es el uso del agua en la agricultura, es decir, todos los sistemas de abastecimiento y distribución necesarios para regar tierras agrícolas y en el uso de esta es necesario un análisis paralelo al abastecimiento de la población.

1.4.1.- Factores que afectan el consumo.

Dichos factores perjudican directamente las posibilidades de un abastecimiento de agua, y ahora estos serán mencionados:

a) Cantidad de agua disponible.

La cantidad de agua que se tiene para usar limita en ocasiones la cantidad de agua que se va a distribuir.

b) Tamaño de la población.

Cuando la población crece, la demanda y el uso principal es público y comercial.

c) Características de la población.

El consumo por habitante depende de la actividad básica y costumbres de la población, así como las diferentes condiciones y variedades que pudieran desarrollar los conceptos anteriores.

d) Clima.

Los climas que influyen en una medida enorme en el consumo, son los extremos ya que en tiempos cálidos aumenta este último y en tiempos fríos

aparentemente disminuye. Nivel económico. El aumento en el nivel económico de una población, genera el aumento en el consumo de agua.

e) Existencia de alcantarillado.

Cuando la población cuenta con alcantarillado, por donde se conducen materiales de desecho el consumo es mayor, que en poblaciones donde no existe este servicio.

f) Clase de abastecimiento.

El consumo es más grande en poblaciones donde el sistema de abastecimiento es público que en poblaciones donde dicho sistema es rudimentario.

g) Calidad del agua.

Este aumenta cuando la calidad del agua es mejor ya que el uso que se le puede dar es versátil.

h) Presión en la red.

Aumenta el consumo por medio de derroches y pérdidas. Una presión excesiva genera pérdidas en las juntas de las tuberías, también pueden aparecer fugas en piezas defectuosas y viejas. Y se menciona que una presión baja en la tubería disminuirá la eficiencia y eficacia del suministro.

i) Control de consumo.

Usar medidores disminuye el consumo de agua ya que el usuario se verá obligado a pagar el volumen empleado para sus necesidades.

1.5.- Demanda.

Se define como la cantidad de agua requerida por una población para realizar las necesidades primordiales, así como de seguridad, diversión, y salud, o bien, es la suma de todos los consumos sean actuales y de proyecto adicionando pérdidas y derroches.

1.5.1.- Proyección de la Demanda.

Se obtiene en base a los diferentes consumos de acuerdo a las diferentes clases socioeconómicas, actividad turística, industrial y comercial, demanda actual, la previsión en el crecimiento de la población según la actividad que realice la misma.

1.6.- Dotación.

Es la cantidad de agua necesaria para cada habitante. “Esta cantidad se conforma de los servicios en un día medio anual que incluye pérdidas. Desde luego si el sistema es eficiente y suficiente” (César 1990:50). También se debe mencionar que este parámetro depende del clima, número de habitantes, costumbres de la población, medidas contra fugas y desperdicios y son explicados en la tabla 1.2. con mayor detalle.

Número de habitantes.	Clima		
	Cálido	Templado	Frío
2500 a 15000	150	125	100
15000 a 30000	200	150	125
30000 a 70000	250	200	175
70000 a 150000	300	250	200
Mayor de 150000	350	300	250

Tabla 1.2.- Dotación basado en el tipo de clima.

Cortesía: Cesar, (1990).

La Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado (SRH, 1974) proporciona los siguientes datos basados en la fluctuación de agua para uso doméstico que son mostrados en la tabla 1.3.

Concepto	lt/día
Para bebida cocina y limpieza.	de 20 a 30
Descarga de muebles sanitarios.	de 30 a 45
Para baño de regadera.	de 20 a 30
Total	de 70 a 105

Tabla 1.3.- Fluctuaciones de agua para uso doméstico (SRH)
Cortesía: César, (1990).

1.7.-Variaciones y gastos de diseño.

Gasto Medio Diario Anual (Qm): es la cantidad de agua que requiere para satisfacer las necesidades de la población en un consumo promedio.

$$Q_m = (D \times P) / 86400 \text{ (cortesía César, 1990:51).}$$

$$Q_m = L_t / s.$$

$$86400 = \text{segundos que tiene un día.}$$

$$D = \text{Dotación (Lt / Hab / Día).}$$

$$P = \text{Población (Hab).}$$

Gasto máximo diario (Qmd): debido a la variación presentada por el consumo en ciertos meses del año y en ciertos días de la semana. Se debe prever que el gasto medio diario anual rebasará los parámetros de uso, probablemente pudiera rebasar en 120% y en el peor de los casos llegar hasta 150%. Por lo que el gasto máximo diario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{MD}=Q_M \times CVD \text{ (cortesía César, 1990:52).}$$

Donde:

$$Q_{MD}= \text{Gasto máximo diario (Lt/s).}$$

$$Q_M= \text{Gasto Medio (Lt/s).}$$

CVD= Coeficiente de variación diaria.

Gasto máximo horario (Q_{mh}): para obtener este caudal también registrarán las variaciones en el gasto, tomando en cuenta el día de mayor demanda del año, a la hora de mayor consumo. En este caso posiblemente aumentará alrededor de 150% y en el momento mas desfavorable hasta 200% del gasto calculado para el día de mayor demanda, por lo tanto el gasto máximo horario se calcula de la forma siguiente.

$$Q_{MH}=Q_M \times CVD \times CVH \text{ (cortesía César, 1990:52).}$$

Donde:

$$Q_{MH}= \text{Gasto máximo horario (Lt/s).}$$

CVH=coeficiente de variación horaria.

Gastos de diseño:

De acuerdo con la CNA (1994), los coeficientes no tienen una variación significativa sin hacer distinción alguna sobre la clase social, a continuación se presentan estos valores.

$$CVD= 1.4$$

$$CVH=1.55$$

En la tabla 1.4. y figura 1.2. Se indican los gastos de diseño de cada parte de un sistema de abastecimiento:

COMPONENTE	GASTO DE DISEÑO
1.- FUENTE Y OBRA DE CAPTACIÓN.	QMD
2.- CONDUCCIÓN.	QMD
3.- POTABILIZADORA.	*
4.- TANQUE DE REGULARIZACIÓN.	QMD
5.- RED DE DISTRIBUCIÓN.	QMH

Tabla 1.4. y Figura 1.2.- Gastos de diseño para cada parte de un sistema de abastecimiento
Cortesía: César, (1990).

De manera concreta este capítulo trató sobre los datos básicos requeridos para el diseño de los sistemas de agua entubada, desde luego también la fuente de donde se extrajo cada dato, siendo así esta información de gran importancia para el eficiente y eficaz uso de cada parte que conforma el abastecimiento.

Aclarando que las investigaciones tendrán su mayor importancia en la etapa de planeación del sistema, es decir, en la parte del anteproyecto y proyecto definitivo.

El capítulo posterior se enfocará principalmente a la descripción de los estudios preliminares necesarios para el desarrollo de un anteproyecto de agua potable como lo son: Geohidrología, Geología, Geofísica, Hidrología Superficial y Topografía.

CAPÍTULO 2

ESTUDIOS PRELIMINARES.

Este capítulo hace referencia a los estudios preliminares realizados en el lugar de proyecto, referenciado el clima predominante, y las condiciones hidrológicas existentes, principalmente la precipitación media anual, los escurrimientos que el agua pudiera presentar, así como las pérdidas existentes en la superficie y también la cantidad de agua que se puede almacenar en el subsuelo lo que ayudará a definir la posibilidad de encontrar agua en dicho subsuelo, además de los estudios que ayudarán a definir si existiera el aprovechamiento de agua en el sitio de igual manera de los accidentes topográficos y la ubicación que pudiera existir entre succión y descarga de la conducción por la misma.

2.1.- Geohidrología.

De acuerdo con la CNA (1994), la Geohidrología estudia la textura y la estratificación de las rocas y suelos, ya que ellos contienen los receptáculos por donde se infiltra el agua.

Definiciones Geohidrológicas básicas:

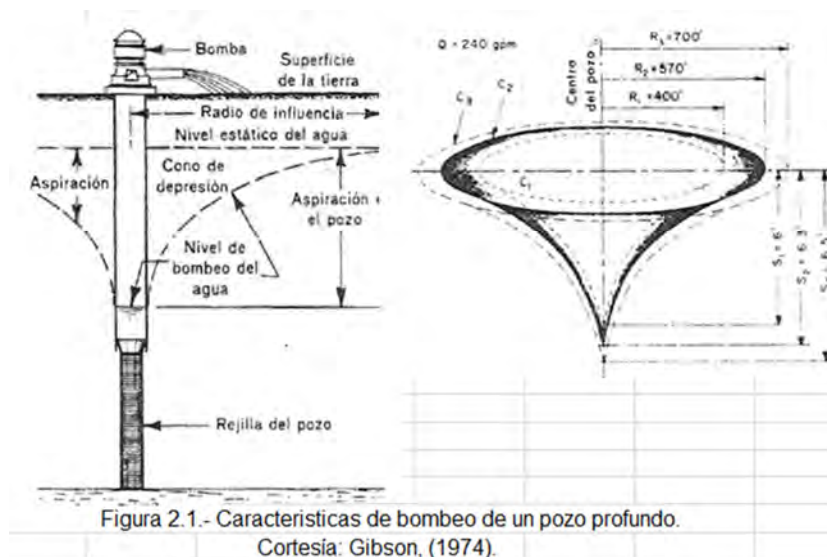
Acuífero: Estrato o unidad geológica potencialmente activa que contiene agua y permite la circulación de la misma entre sus poros y grietas, que puede ser aprovechada por el hombre en grandes cantidades, dicha agua puede transitar por entre sus poros a una velocidad de apenas unos cuantos centímetros por día.

Coefficiente de Almacenamiento: Volumen de agua que se puede liberar similar a un prisma de dimensiones iguales a la unidad cuadrada por la altura promedio o espesor del acuífero en sentido vertical y considerando saturado, es decir la relación de cociente del volumen total entre el volumen dentro del pozo con las mismas dimensiones antes descritas, la diferencia es que ahora hubo un descenso en el nivel del pozo (V parcial / V total).

Nivel Dinámico: Nivel del agua dentro de un pozo cuando se está bombeando, dicho flujo toma forma de un cono invertido o embudo que tiene como base el nivel estático del pozo y el nivel dinámico es la punta de dicho cono y se conoce como cono de depresión o abatimiento.

Nivel Estático: Nivel existente y estable en un pozo que no está siendo bombeado y se encuentra fuera del radio de influencia del bombeo de otro pozo.

La diferencia existente entre el nivel estático y el nivel dinámico se le llama aspiración del pozo, véase la figura 2.1.



Permeabilidad o Conductividad Hidráulica: Capacidad de una roca o suelo para permitir el tránsito de un líquido como agua entre sus poros, condicionada por una carga hidráulica es decir una altura de columna de agua.

Coeficiente de transmisibilidad: Cantidad de agua que pasa a través de la sección transversal vertical de un manto acuífero, el ancho es la unidad y la altura el espesor promedio de la capa.

Porosidad: Característica física que tiene una roca o suelo que consiste en la presencia de intersticios o cavidades que se intercomunican entre si, se expresa como la relación de volumen de cavidades y el volumen total, también es el índice de la cantidad de agua que puede retener una zona saturada.

Rendimiento hidráulico: Es el volumen de agua que puede obtenerse de una formación acuífera tomando como referencia un volumen unitario, se obtiene por gravedad.

Retención hidráulica: es la cantidad de agua que se retiene en un volumen unitario por fuerzas de atracción y capilaridad.

Por lo tanto la suma de la retención hidráulica y el rendimiento hidráulico es igual a la porosidad y cada uno se expresa con números decimales (porcentajes), Ulric P. Gibson, (1974).

2.1.1.- Distribución del agua en el subsuelo.

Se le encuentra distribuida en los poros o intersticios de las rocas y suelo además se divide en varias zonas principales, Ulric P. Gibson (1974). La figura 2.2. indica la misma.



Figura 2.2.- Distribución del agua en el subsuelo.
Cortesía: Gibson, (1974).

-Zona de aireación: Capa que se encuentra entre la superficie de la tierra y el nivel freático existente en el subsuelo, se constituye de poros que contienen una combinación intrínseca de aire y agua, subsecuentemente se dividen en tres capas y cada una se define como:

-Capa de agua del suelo: se encuentra debajo de la superficie y contiene el agua suficiente para que la vegetación puede sobrevivir por medio de sus raíces. Su profundidad es variable y proporcional al tamaño de las raíces.

-Capa intermedia: Esta capa se caracteriza por que el agua contenida por sus poros procede de la capa superior por gravedad, a esta agua se le llama intermedia o vadosa.

-Borde capilar: Localizada arriba del manto freático y debajo de la capa intermedia, existe dentro de esta capa grandes fuerzas capilares, es decir a la capacidad de ascensión del agua a través de los poros de la misma y su espesor depende de sus poros, si son pequeños la capa es grande y al contrario. Es alimentada por el agua freática.

-Zona de saturación: se ubica debajo de la zona de aireación, el agua que yace en este lugar se caracteriza por la saturación de los poros ya que el agua ocupa todos los vacíos de esta zona, también conocida como agua freática o del subsuelo. El objetivo de un pozo de bombeo es el de captar el agua freática ya que es la más fácil de usar. La zona que sirve para un pozo es llamada acuífero.

2.1.2.- Flujo del agua del subsuelo.

Existen dos tipos de capas acuíferas:

Capa freática: relativamente se encuentra a una presión igual a la atmosférica ya que no tiene una capa confinante que ejerza presión sobre ella (no cautiva).

Capa artesiana: Se localiza bajo una capa confinante relativamente impermeable dicha capa le produce una presión mayor de la atmosférica por esta razón se puede denominar también confinada o cautiva.

Las recargas a los mantos acuíferos son realizadas por medio de estratos ubicados en la superficie generalmente en pendientes del terreno, se encuentran no confinados y permeables. En el caso de pozos artesianos también se pueden recargar de una manera similar a la expuesta anteriormente, además pueden recibir agua a través de filtraciones que ocurren dentro de la capa confinante y en cruces con otras capas acuíferas que son recargadas por áreas interconectadas con la superficie como se muestra en la figura 2.3.

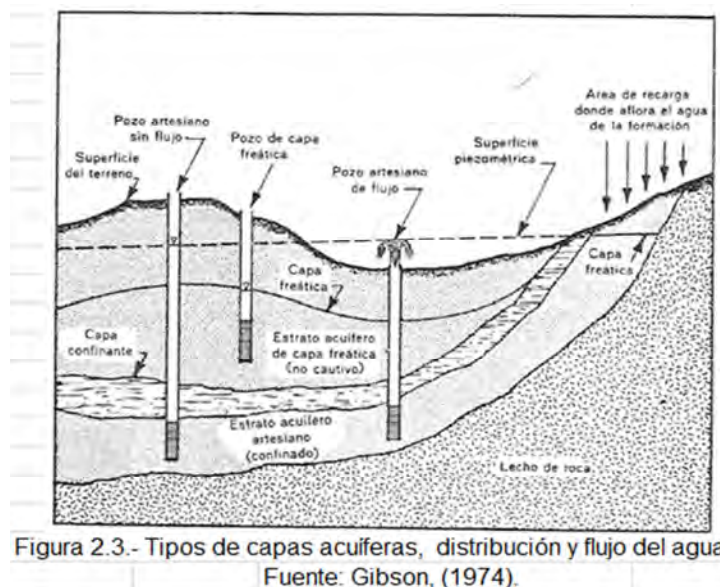


Figura 2.3.- Tipos de capas acuíferas, distribución y flujo del agua
Fuente: Gibson, (1974).

2.1.3.- Hidráulica de pozos y manantiales.

La línea imaginaria donde se cree que el agua del acuífero será lanzada verticalmente se le llama línea piezométrica, en tanto que un acuífero que se encuentra bajo esta línea tendrá un flujo saliente y se llamará manantial, en cambio un acuífero que se ubique a mayor altura que esta línea será llamado pozo (Ver Fig. 2.3.).

La recarga que se realiza hacia dicha línea se presenta de la siguiente manera.

Flujo convergente: cuando el pozo se encuentra en reposo, o bien cuando no existe flujo extraído de dicho pozo, la presión a que esta sometida el agua en el interior es igual a la presión ejercida por la formación que la contiene (nivel estático del agua). Al bombear o extraer esta agua, la presión del pozo disminuye y el nivel del pozo también lo hace, el agua fluye hacia el pozo en la capa acuífera en todas direcciones hacia el pozo. En el caso de manantiales no existe este efecto y el líquido en este caso solo saldrá con la presión ejercida por la línea piezométrica (no se hablará sobre el tema).

En estratos acuíferos de capa freática el nivel que tiene la formación es el del nivel freático y con una presión igual a la de la atmosfera, y en estratos de acuíferos artesianos este nivel es igual al de la altura piezométrica predominante causada por la presión de la capa confinante.

Radio de influencia: distancia existente entre el centro del pozo hasta el límite del cono de depresión (Ver fig. 2.1.)

2.2.- Geología.

Es la ciencia que estudia la composición, el origen y la historia de las rocas que conforman la tierra, Según Puig (1970), véase figura 2.4. y 2.5.

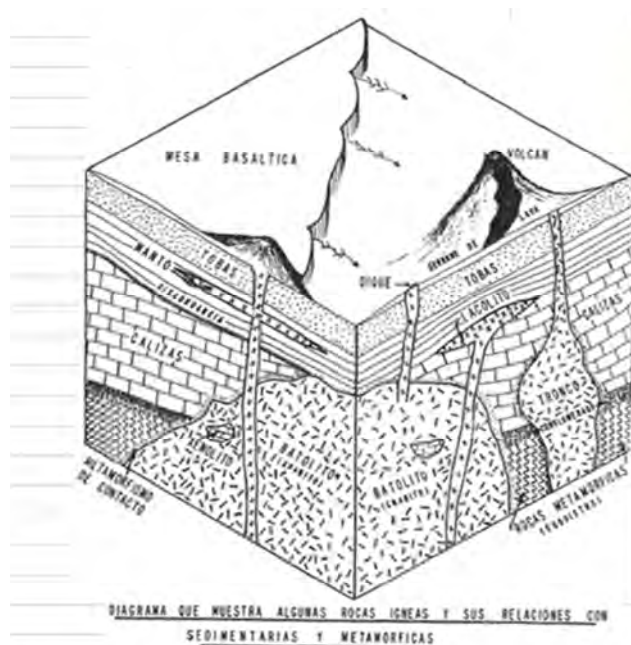


Figura 2.4.- Corte geológico en relación de rocas de un acuífero.
Fuente: Apuntes de Geología 6to Sem. (1994).



Figura 2.5.- Corte geológico de sedimentación.
Fuente: Apuntes de Geología 6to Sem. (1994).

2.2.1.- Clasificación de las rocas.

Las rocas se clasifican en tres grandes grupos: rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas y a su vez se clasifican en una serie de grupos que se ejemplifican en las definiciones posteriores.

Rocas ígneas: son el resultado del enfriamiento y solidificación del magma procedente de grandes profundidades de la tierra por medio de erupciones volcánicas y se dividen en dos subgrupos.

En el caso de las rocas ígneas Intrusivas son aquellas que no salen a la superficie de la tierra, sólo algunas veces se encuentra agua en estas, ya que difícilmente se agrietan y dichas grietas solo aparecen en la superficie a causa de las contracciones que reciben por los cambios de temperatura.

El otro subgrupo se encuentran las rocas ígneas extrusivas que son aquellas que salen a la superficie terrestre, entre los acuíferos de este tipo de roca se encuentran las rocas basálticas ya que las grietas y porosidad formada por su estructura son capaces de retener agua, además en algunas investigaciones se ha encontrado agua dentro de este tipo de roca en pequeñas cantidades

Rocas sedimentarias: estas rocas. Menciona Juan B. Puig de la Parra en su libro “Geología Aplicada a la Ingeniería civil y Fotointerpretación” (1970), que son rocas formadas por la acción de transporte y erosión a causa del agua e intemperismo así como descomposición química u origen orgánico y luego unidas a base de cementación de sus partículas o compactación por cargas externas a las que son sometidas.

Rocas metamórficas: rocas que presentaron una alteración en su estructura a causa de altas temperaturas y grandes presiones, la roca de la que se formó puede ser sedimentaria o ígnea.

Por ejemplo la cuarcita o arenisca metamorfosea, los esquistos de pizarra, mica de arcilla y gneis de granito, forman acuíferos muy pobres principalmente se obtienen de las fracturas de las mismas, otro material bueno para este fin es el mármol pero la única manera es que se encuentre fracturado.

2.2.2.- La Geología como clasifica y beneficia las formaciones de acuíferos.

De acuerdo con Gibson (1974), las formaciones de acuíferos pueden encontrarse en rocas consolidadas y no consolidadas, esta característica depende

del grado de porosidad y permeabilidad de la roca, es decir que debe tener un alto índice de vacíos intercomunicados. Las rocas que forman acuíferos se pueden clasificar de acuerdo a los aspectos siguientes:

Consolidadas: como pueden ser Arenisca o Caliza, o cualquier otra roca que haya presentado algún tipo de fenómeno como cementación o compactación en alguna era geológica pasada.

No consolidadas: este tipo de rocas no han estado sometidas a alguna clase de fenómeno mencionado anteriormente. Se caracterizan por ser materiales sueltos como pueden ser, arcilla, limo, arena y grava. Otra manera de designar el tipo de roca es atribuyéndole los términos, duro y blando.

Beneficia en gran medida el comportamiento de los acuíferos ya que constantemente el movimiento de las tierras modifica montañas, barrancas, playas y lógicamente el suelo y subsuelo, los acuíferos se desplazan, crean y destruyen. Desde luego el ser humano no es capaz de percibirlo ya que su vida es muy corta a comparación de la vida de la tierra. Si por ejemplo el tiempo se analizara en miles o millones de años se observarían dichos cambios.

Además la geología determina la extensión, el flujo y las características hidráulicas, tipo y origen del sedimento.

2.2.3.- Características de las rocas sedimentarias como formadores de acuíferos.

Menciona Ulric P. Gibson en su libro "Manual de los pozos pequeños" (1974), que aunque constituyen solo aproximadamente el 5% de la corteza terrestre, contiene un 95% del agua del subsuelo.

La razón por la cual las rocas sedimentarias son materiales buenos para las formaciones acuíferas es que dichas rocas han sido alteradas y no han sido sometidas a altos esfuerzos de compresión o cementación en eras geológicas pasadas.

En general las rocas sedimentarias o sedimentos son buenos para la creación de mantos acuíferos debido a la porosidad interna de las mismas.

2.3.- Geofísica.

De acuerdo con la CNA (2003), la geofísica es el parámetro físico de las rocas en función de la profundidad que son interpretados como las características de la roca y de los líquidos que contiene, los datos geofísicos se utilizan para saber la litología, resistividad, conductividad de la roca, geometría, densidad volumétrica, porosidad y permeabilidad de las capas.

Definiciones geofísicas básicas:

Resistividad: es la capacidad de una roca para oponerse a la conducción de energía eléctrica dentro de la misma y es recíproco de la conductividad.

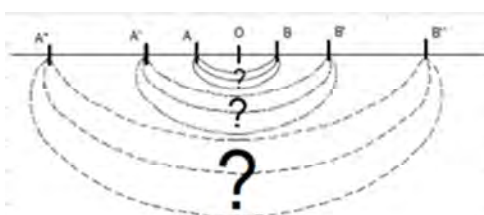
Conductividad: es la capacidad de una roca de permitir el paso de la corriente eléctrica dentro de si misma, o bien, la facilidad con la que los electrones pueden pasar entre sus partículas estructurales y huecos (www.wikipedia.com).

Cargabilidad: es la capacidad de los materiales para retener carga eléctrica durante un determinado tiempo donde dicho material es sometido a una corriente para después eliminar la carga una vez interrumpida.

Litología: es la parte de la geología que trata, del tamaño de grano, tamaño de las partículas y de las características físicas y químicas de las rocas.

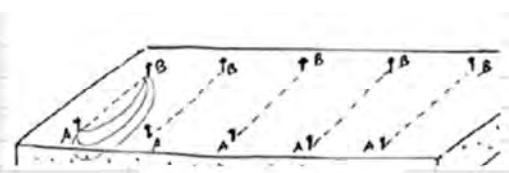
2.3.1- Clasificación de los métodos geofísicos.

Menciona Rico Rodríguez en su libro “La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Vol.1” (1996), que la geofísica es una ciencia que permite relacionar parámetros físicos del subsuelo puestos en evidencia por la geología superficial. Los métodos más usados se explican a continuación y las ilustraciones muestran una mejor conceptualización.



Esquema simplificado de un Sondeo Eléctrico: A
 r..... que se abre la distancia AB, aumenta la
 profundidad de investigación

Figura 2.6.- Método eléctrico vertical
 Fuente: web.usal.es/javisan/hidro, (2005).



En cambio, en la figura
 apreciamos que si
 mantenemos la apertura AB y
 ...vemos lateralmente todo
 el dispositivo, la profundidad

Figura 2.7.- Método de calicatas eléctricas
 Fuente: web.usal.es/javisan/hidro, (2005).

Método eléctrico vertical:

Este método se basa en las diferencias de conductividad eléctrica que admiten las formaciones de subsuelo, arroja resultados confiables ya que también determina las características geológicas de los materiales y es el mejor de los métodos (CNA:1994). Se menciona también que la resistividad de los materiales también se toma en cuenta ya que es inversa a la conductividad, en todos los casos dicha resistividad depende básicamente de la cantidad y salinidad del agua presente en el subsuelo así también la composición mineralógica de las formaciones geológicas, aunque esta última con un grado menor.

Método de calicatas eléctricas:

El método se basa en un estudio similar al anterior solo que a lo largo del terreno se coloca el mismo circuito varias veces como se muestra en la figura 2.6.

2.4.- Hidrología superficial.

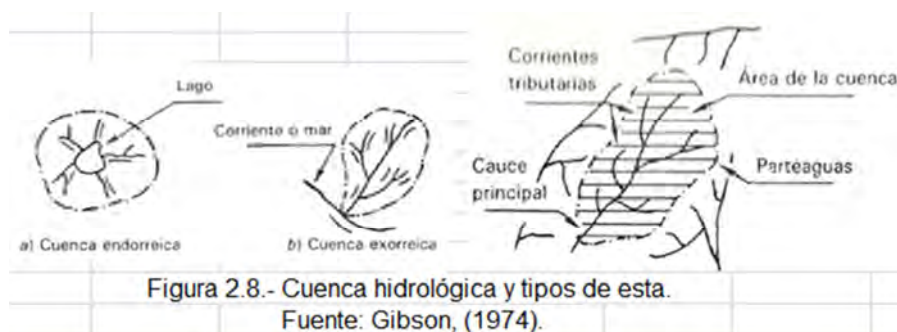
De acuerdo con Aparicio (1993), es la disciplina o ciencia natural que estudia el agua y su comportamiento, el tiempo de ocurrencia, circulación y distribución, superficial y subterránea de esta. Relaciona los problemas y soluciones con respecto al aprovechamiento del agua. Su objetivo es conocer la cantidad, frecuencia y naturaleza de ocurrencia del movimiento del agua sobre la superficie de la tierra para la que no existe una ley física que pueda responder a un fenómeno de esta naturaleza, es por esta razón que se recurre más bien a los eventos estadísticos (registros anuales).

Definiciones hidrológicas básicas:

Cuenca hidrológica: menciona Francisco Aparicio en su libro “Fundamentos de Hidrología de Superficie” (1993), que la cuenca es una parte en la superficie terrestre donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas (escurrir) por el sistema de corriente hacia un mismo punto llamado salida. Sea permeable o impermeable esto se debe a que la cuenca puede encontrarse en la superficie o en el subsuelo, esta constituida por un parteaguas, es una línea imaginaria que pasa por los puntos más altos de la cuenca y que la delimita de otras cuencas aledañas, contiene una serie de escurrimientos llamados corrientes y se clasifican como:

Cuenca endorreica: esta clase de cuenca se caracteriza por tener su salida dentro de un lago.

Cuenca exorreica: esta cuenca se caracteriza por tener su salida en otra corriente o desembocando al mar.



Ciclo hidrológico: de acuerdo con Gibson (1974), el ciclo hidrológico es definido como la circulación y recirculación del agua en estado líquido, de vapor, o sólido, comenzando desde el océano y conducida hacia los continentes por medio

del aire en forma de vapor. Basta un descenso en la temperatura del aire para provocar su precipitación ya sea como lluvia, granizo, cellizca, o nieve.

Una vez que cae sobre la superficie, puede escurrir, infiltrarse, o evaporarse, sobre la superficie terráquea hacia el océano, regresar a la atmósfera o a recargar los mantos acuíferos bajo el suelo. A continuación se define cada una de las partes estudiadas del mismo ciclo.

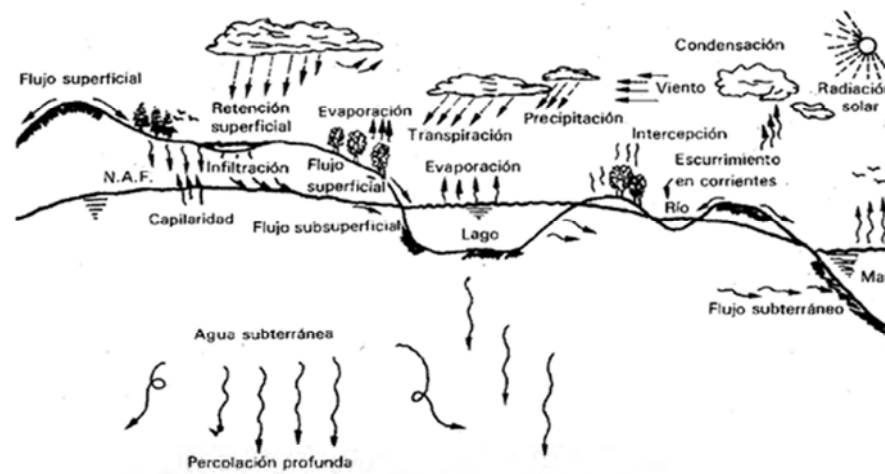


Figura 2.8.- Ciclo hidrológico.
Cortesía: Gibson, (1974).

2.4.1.- Descripción de los fenómenos hidrológicos.

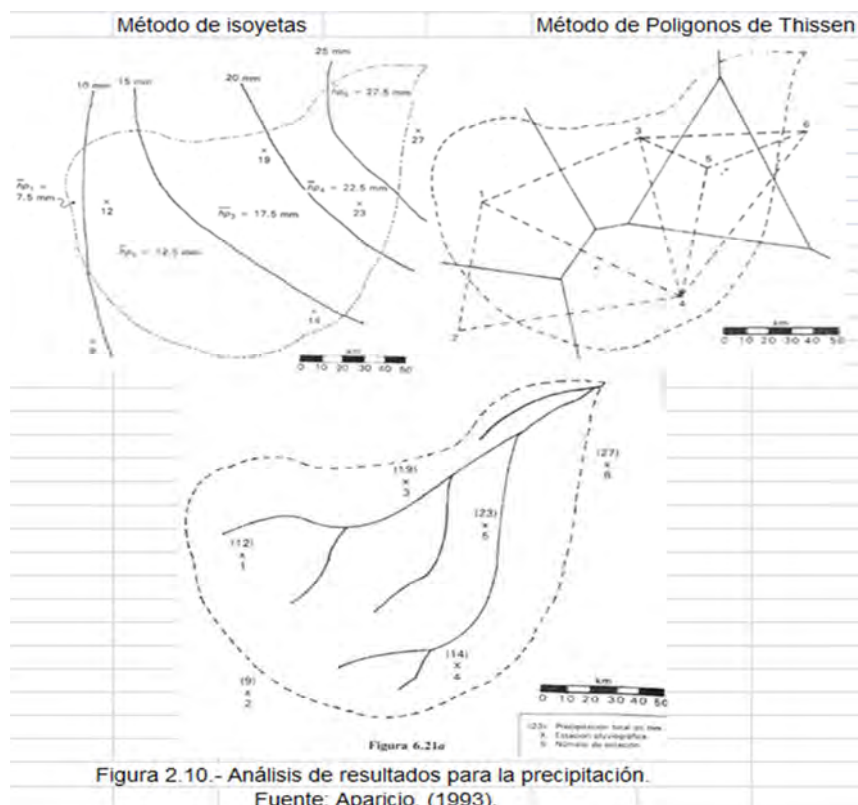
Los fenómenos hidrológicos son las fases o transformaciones que puede presentar el agua, en la figura 2.9. Se observan y nombran dichos fenómenos, además a continuación se describen.

Precipitación: fase del ciclo hidrológico donde el agua condensada se precipita a la superficie al bajar la temperatura del agua condensada. Es la fuente primordial

de agua en la superficie terrestre y la medición de este fenómeno es el punto de partida de cualquier estudio hidrológico, dando énfasis a esta parte del estudio.

Para medir la precipitación se realiza por medio de pluviómetros y pluviógrafos. El análisis de resultados (pluviogramas) de estos, genera gráficas, llamadas hietogramas y sirven para saber la intensidad de lluvia que se obtuvo. Otra manera de obtener datos es por medio de cartas de precipitación media anual de lluvia donde especifica la zona y el dato de precipitación del lugar.

De acuerdo con Francisco Aparicio (1993). Existen tres maneras de analizar este resultado, los cuales se mencionarán de una manera simplificada.



- Método aritmético (intensidad-área de lluvia).
- Polígonos de Thiessen (hietogramas).

- Método de isoyetas (precipitación media anual).

Escurrimiento: Es el agua procedente de la precipitación que se mueve sobre o bajo la superficie de la tierra siendo interceptada por una corriente que la lleva hasta la salida de la cuenca (Ver fig.2.9).

Puede moverse en la superficie, a este tipo pertenecen las corrientes de ríos, conocidos como escurrimiento directo, ya que responde de inmediato a una tormenta particular llevando el agua a la salida de la cuenca, también se relaciona directamente con dicha tormenta. El escurrimiento subterráneo o bien la cantidad que se infiltra, es el más lento ya que tarda en llegar años a la salida de la cuenca debido a que se produce bajo el nivel freático además de ser el único que alimenta a las corrientes cuando no llueve por esta razón es conocido como escurrimiento base.

Evaporación: es el proceso por el que el agua pasa de estado líquido a gaseoso que se trasfiere a la atmósfera, se produce por el aumento de energía cinética de las moléculas de agua cercanas a la superficie del suelo o de una masa de agua por la energía solar y el viento, algunas de las moléculas que se evaporan se condensan y precipitan en realidad se toman en cuenta las moléculas que se van a la atmósfera.

Transpiración: proceso en el cual el agua se despide en forma de vapor de las hojas de la vegetación, esta toma el agua directamente del suelo.

Uso consuntivo: es el agua que retienen la vegetación para su nutrición.

Nota: como el uso consuntivo es aproximadamente el 1% se considera como sinónimos de la evapotranspiración (Ver fig.2.9).

2.5.-Topografía.

Menciona Fernando García Márquez en su libro “Curso Básico de topografía” (1994), que la palabra Topografía viene del griego “topos” (lugar) y “graphein” (describir), es decir la ciencia que estudia o trata los principios y métodos usados para conocer la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra. Aplica 3 medidas elementales para conformar un cuerpo en un espacio, dichas medidas o parámetros son: una distancia, una dirección y una elevación.

Es, por lo tanto, una ciencia aplicada derivada de la geometría, fundamentalmente para el buen uso e interpretación se utiliza el dibujo. Es decir expresa en un papel los accidentes del terreno realizados por la naturaleza y también de la mano del hombre a partir de una simbología ya determinada, específicamente la topografía estudia una parte determinada del globo terráqueo describiendo con detalle cada parte que la conforma.

2.5.1.- Composición de topografía.

Así para poder usar esta ciencia “es necesario tener conocimientos de geometría, trigonometría, física, y astronomía ya que es una disciplina o ciencia puramente aplicada. El campo de aplicación es muy amplio, este motivo la vuelve indispensable ya que sin el conocimiento topográfico necesario sería imposible cualquier tipo de proyección de una obra ingenieril, sea cual sea su magnitud” (García 1994:2).

Definiciones topográficas básicas.

Levantamiento topográfico: operaciones que se requieren para la obtención de datos, se realizan en campo y la finalidad es obtener datos con los cuales se dibuje una figura del terreno en un plano o papel. De acuerdo a Montes de Oca (1996:1), “un levantamiento topográfico es realizado en una área tan pequeña de la tierra que no se toma en cuenta la curvatura de la misma que puede causar errores en un plano, el área máxima para esta clase de levantamientos es la marcada a 30 km a la redonda”.

Trazo Topográfico: Procedimiento de operación con la finalidad de replantear sobre el terreno las condiciones de un plano.

Poligonal: es una figura de tipo polígono (varios lados) que une puntos entre si con una cierta deflexión. Y de n número de caras, esta definición es válida para la topografía, existen dos clases de poligonal.

Poligonal abierta: línea poligonal cuyos extremos inicial y final no concurren en el mismo punto.

Poligonal cerrada: cuando los extremos final e inicial de la poligonal concurren en el mismo punto.

Cadenamiento: numeración dada para una poligonal conocida en su punto inicial y final también puede comprobarse su posición.

2.5.2.- Las aplicaciones de la topografía.

Menciona García (1994), que un plano topográfico deberá contener los siguientes datos:

- 1.- Forma general del terreno (contorno, perímetro, y detalles dentro de si como construcciones, caminos, puentes, y ríos).
- 2.- Diferencia de alturas entre cada punto del terreno, uno con respecto del otro.
- 3.- La superficie del terreno o área.

Todos estos requisitos con el fin de tener una representación gráfica de una parte de la superficie terrestre real, todo ello se aplica en lo siguiente.

Levantamiento de terrenos en general, es decir localizar y marcar linderos, medir y dividir superficies así como ubicar terrenos en planos generales.

Localización de proyecto, trazo y construcción de vías de comunicación como caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión y acueductos.

Topografía de minas: tiene por objeto controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

Levantamientos catastrales: se ubican los límites de una propiedad con el fin de dar valor a los inmuebles y construcciones para poder pagar impuestos u otras cosas que requiera realizarse al lugar.

Topografía Urbana: operación que consiste en realizar la organización y acomodo de lotes, construcción de calles, sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de drenaje.

Topografía fotogramétrica: aplicación en la ciencia de las mediciones por medio de la fotografía, como pueden ser trazos de cualquier tipo de figuras planas (camino, cuencas, canales etc.).

2.5.3.- Descripción de las mediciones topográficas.

Planimetría: es el conjunto de los trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos necesarios que permiten construir una figura semejante a la del terreno para proyectarla sobre un plano horizontal.

Dichas medidas se pueden realizar en terrenos horizontales e inclinados, su apoyo es en base a poligonales abiertas y cerradas, también por triangulaciones y las medidas que se efectúan son mencionadas a continuación.

Directas, donde es posible tomarlas con aparatos, y acceder fácilmente al terreno que se estudia, los aparatos que se pueden usar son la brújula y cinta, teodolito y cinta o solo cinta, según la precisión requerida para el levantamiento.

Indirectas, donde no es posible medir en forma personal o física y se requiere hacerlo por medio diferentes a los directos (teodolito – estadal).

Altimetría: De acuerdo con García (1994), altimetría es el conjunto de trabajos que permiten obtener elemento con los que es posible conocer las alturas y formas del terreno en el sentido vertical.

Las alturas de un trabajo topográfico están sometidas a un plano de referencia común entre todos los niveles que se desea tomar. Este plano es llamado plano de comparación, se trata de una superficie imaginaria referida desde el plano que forma,

se considera que la altura de este punto es cero. Los puntos tomados para altimetría se nombran, cota, elevación o altura, que son un punto determinado sobre la superficie terrestre; y solo es la distancia vertical que existe entre dicho punto y el plano de comparación.

Como las nivelaciones topográficas suelen ser en extensiones de terreno pequeñas, el plano de comparación se puede tomar a criterio del operador usando dicho plano de tal manera que se adapte a sus necesidades para eso se usa el banco de nivel que es un punto fijo más o menos permanente, su elevación debe ser conocida con respecto a otro punto de referencia también fijo. El uso fundamental para este punto es establecer el inicio del trabajo de nivelación y para comprobar el cierre de la misma, además de llevar el control en las alturas de los demás puntos.

Triangulaciones: el fin de este método es cubrir la zona de levantamientos con redes de triángulos ligados entre sí. Comúnmente se emplea en levantamientos con grandes extensiones de territorio, primordialmente se realiza la medición directa de uno de los lados del triángulo, llamada base, así como los ángulos del triángulo que se está trazando, tomando en consideración que se utiliza en tres dimensiones dicho método, donde.

El plano o superficie de nivel es normal a la dirección que sigue la gravedad y paralelo al del terreno.

Piezometría: De acuerdo con CNA (1994), en el caso de líneas de conducción la piezometría, en términos de topografía es necesaria para saber el desnivel entre la succión y la descarga del sistema, es decir, la línea de presión estática, de donde se parte para realizar el cálculo de un sistema de conducción, a dicho desnivel se le

aplican las presiones de trabajo expresadas en altura de presión que deberán adicionarse a la línea de presión estática y que deberá resistir la clase de tubo con que fue diseñada la misma (Ver fig. 2.3.).

2.6.- Recomendaciones para recopilación de datos.

La Gerencia de Normas Técnicas y la Subgerencia de Hidráulica de la CNA (1994), recomienda que la obtención y análisis de datos se realicen de fuentes de información como la SARH, PEMEX, INEGI, CNA y CFE, además se ordenarán, depurarán y procesarán de tal manera que se adapten al proyecto que se habrá de ejecutar.

En todo caso se puede consultar información en cualquiera de estas empresas del sector público o cualquier otra fuente que pudiera proporcionar datos congruentes como universidades u organismos que se dediquen a la investigación incluso en trabajos ya ejecutados con anterioridad y que pudieran generalizar el proyecto que se desarrolla (Hidrología Superficial, Geohidrología, Geología, Geofísica y Topografía).

De manera general este capítulo trató principalmente sobre los estudios preliminares y ciencias así como los datos que se requieren para poder realizar un anteproyecto de un sistema de conducción de agua potable. En el siguiente capítulo se hablará principalmente sobre las diferentes maneras de captar, conducir y almacenar agua potable para abastecimiento de una población.

CAPÍTULO 3

CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y OBRA DE REGULARIZACIÓN.

Dentro de este capítulo se describirán de manera concreta las funciones desarrolladas y la manera de trabajo individual de la captación, la conducción y la obra de regularización, así mismo, se describen los diferentes modos y variaciones que pudieran presentar cada una de ellas en una obra de este tipo.

3.1.- Obras de Captación.

De acuerdo con la CNA (1994), la fuente de abastecimiento debe proporcionar el gasto máximo diario requerido para las necesidades futuras, tomando en cuenta los periodos de diseño, estos periodos se indican concretamente en el capítulo 1 de esta investigación. Se definen como las estructuras requeridas para recolectar o captar agua dependiendo del tipo de fuente de abastecimiento.

3.1.1.- Fuentes de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento describe la CNA en el “Manual de Conducción” (1997), que son las que se mencionan a continuación.

Aguas superficiales: se obtienen de receptáculos como Ríos, Lagos, Lagunas, o Embalses. Por la exposición que tienen al estar directamente en contacto con la naturaleza fácilmente se enturbian debido a la vegetación que cae dentro de la misma, suelos por los que cruza así como el cambio de rocas en su trayecto, en este

camino pueden atravesar por núcleos de población e industrias estos son los motivos por los que esta agua presenta contaminación fácilmente.

Aguas subterráneas: estas aguas se encuentran en el subsuelo, para llegar a ellas es necesario hacer perforaciones en la superficie, en los casos en que el agua se encuentra bajo en manto freático, dicha agua se logra encontrar sin bacterias pero con altas concentraciones de minerales así como un color, sabor y olor indeseable siendo conocidas como aguas duras.

Aguas meteóricas o atmosféricas: provienen directamente de la lluvia, su calidad es buena debido a que no tienen contacto con contaminantes, no tiene bacterias y solamente contienen polvo (esta contaminación se presenta solo en las primeras lluvias), también contiene gases disueltos que adquiere en la precipitación a tierra.

3.1.2.- Captación de aguas superficiales.

El material con que se construye esta clase de obra debe ser resistente a la acción del intemperismo y las fuerzas desgastantes del agua, los escurrimientos aprovechables deben ser de tipo perenne para justificarse y Debe tener por lo menos los siguientes dispositivos (CNA: 1994).

- Dispositivos de toma (orificios, tubos).
- Dispositivos de control de excedencias (vertedores).
- Dispositivos de limpia (rejillas).
- Dispositivos de control (compuertas).

- Dispositivo de aforo (vertedores, vertedor parshall).

3.1.2.1.- Captación directa.

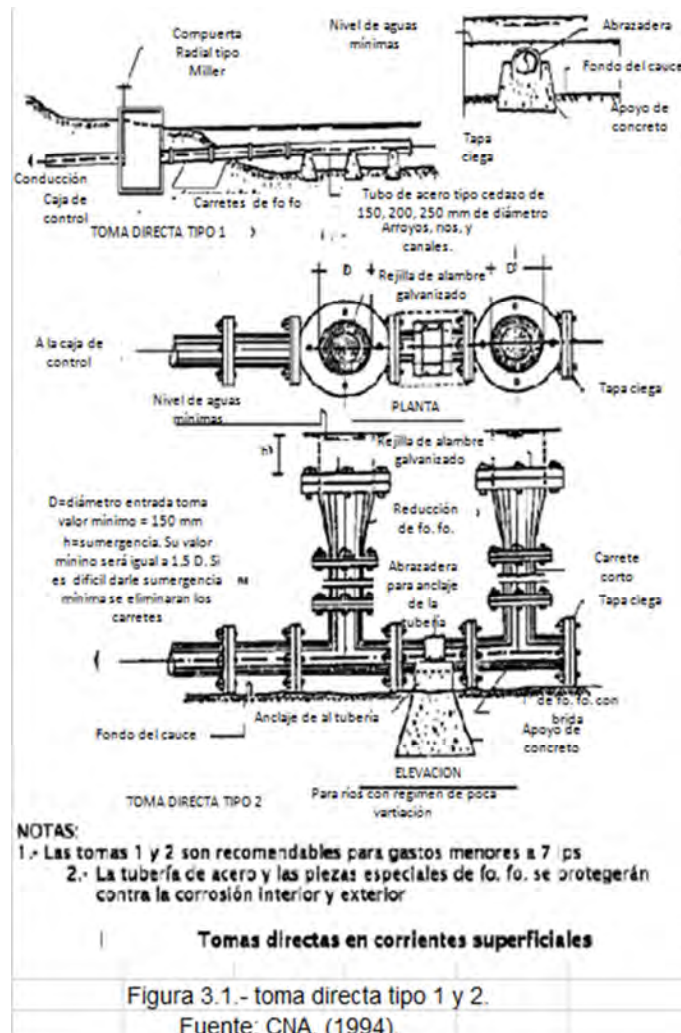
Esta clase de tomas puede variar desde simples tubos ranurados sumergidos hasta grandes torres de toma, todo dependerá del tamaño de la población beneficiada. CNA (1994) recomienda que la obra de toma se ubique aguas arriba de la población abastecida u otro núcleo que pudiera contaminarla. También se debe tomar en cuenta las características geológicas del cauce, la velocidad del agua en tiempo de estiaje y grandes avenidas, todo esto con el fin de instalar adecuadamente la toma dando prioridad a los tramos rectos del cauce, y donde la obra de toma esté por debajo del nivel mínimo del agua.

Tomas directas.

Se utiliza solamente en poblaciones donde se requieran alrededor de 10 l/s ya que con esta clase de tomas se aprovecha el agua de los arroyos y ríos, la elección de una de estas tomas se efectúa en base a las investigaciones acerca de las características topográficas del cauce, la velocidad media, y los niveles máximo y mínimo de la corriente asegurándose así que la toma siempre estará debajo del nivel del agua. Existen dos clases de tomas que a continuación se tratarán someramente.

Toma directa tipo 1: se constituye por un tubo de acero con perforaciones (tipo cedazo) colocado y suspendido de movimiento sobre atraques de concreto armado y colados a una profundidad suficiente para evitar socavación del mismo, el tubo es

conectado a una caja de control y dentro del cauce mide entre 20 y 24 metros, un espesor de pared de 5 mm aprox. y 4mm de diámetro por cada ranura. (Ver Fig. 3.1).

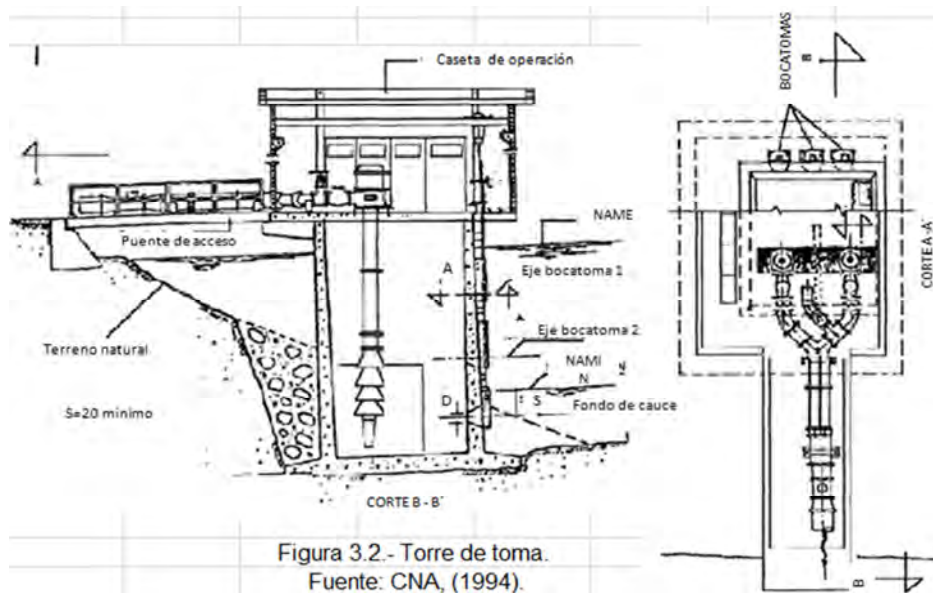


Toma directa tipo 2: se fabrica de piezas especiales de fierro fundido, como mínimo debe tener dos tomas. La instalación se realiza similar a la toma anterior la diferencia radica en la clase de entrada que tiene ya que consiste en una sección cónica (embudo) donde a la entrada del agua la sección es mas grande y al acercarse a la tubería de conducción la sección se reduce, la entrada debe protegerse con una rejilla de acero galvanizado o cobre. (Ver. Fig. 3.1).

3.1.2.2.- Torres de toma.

Se constituye por una torre de concreto o mampostería construida en una de las márgenes del cauce, la altura de la torre debe superar el nivel de aguas máximas y contener mínimo dos orificios que den entrada al agua, deben protegerse con una rejilla y una compuerta, se recomienda cuando los gastos llegan a los 50 l/s o más.

Para proporcionar estabilidad a la torre su cimentación debe colocarse bajo el nivel de socavación máxima del lecho de la corriente y protegiéndola con enrocamiento, asegurando así la torre en tiempos de avenidas máximas. Deberá estar en operación solo la bocatoma más cercana a la superficie con el fin de tomar el agua con mejor calidad (Ver fig. 3.2).



3.1.2.3.- Presas de derivación.

Consiste en una cortina de concreto o mampostería colocada como obstáculo a lo largo de la sección transversal del cauce, el objetivo es represar (acumular) el agua para generar un caudal suficiente y satisfacer la demanda de agua para consumo, sus partes fundamentales son: la cortina, la obra de toma, caja de control y la estructura de limpia.

Para su diseño se debe indicar las alternativas de localización y elegir la más eficaz. Se realiza un estudio técnico-económico y sus diferentes opciones, debe involucrar los requisitos de altura y longitud de la cortina así como bombeo y longitud de la línea de conducción. La altura de la cortina depende de la carga hidráulica necesaria para que se pueda operar todo el sistema, las características topográficas, las dimensiones del vaso, del cauce y del terreno. Se elegirá la mejor opción en términos económicos de la cortina.

La obra de toma es decir el orificio de captación se localiza dentro del canal desarenador que permite el paso del agua a una caja de 0.7 por 0.7 metros mínimo, la conexión toma-conducción se regula por medio de una compuerta circular tipo Miller o deslizante estándar, la conducción puede ser por medio de canales o tubos, puede ser más de una toma además debe protegerse con una rejilla para evitar el paso de objetos flotantes, y sólidos que pudieran causar el azolvamiento de dicha toma. Una vez que las rejillas comienzan a acumular azolves se abre la compuerta del desarenador para efectuar la operación de limpieza de sólidos, arenas, gravas o cantos rodados que podrían obturar la toma (fig. 3.3.).

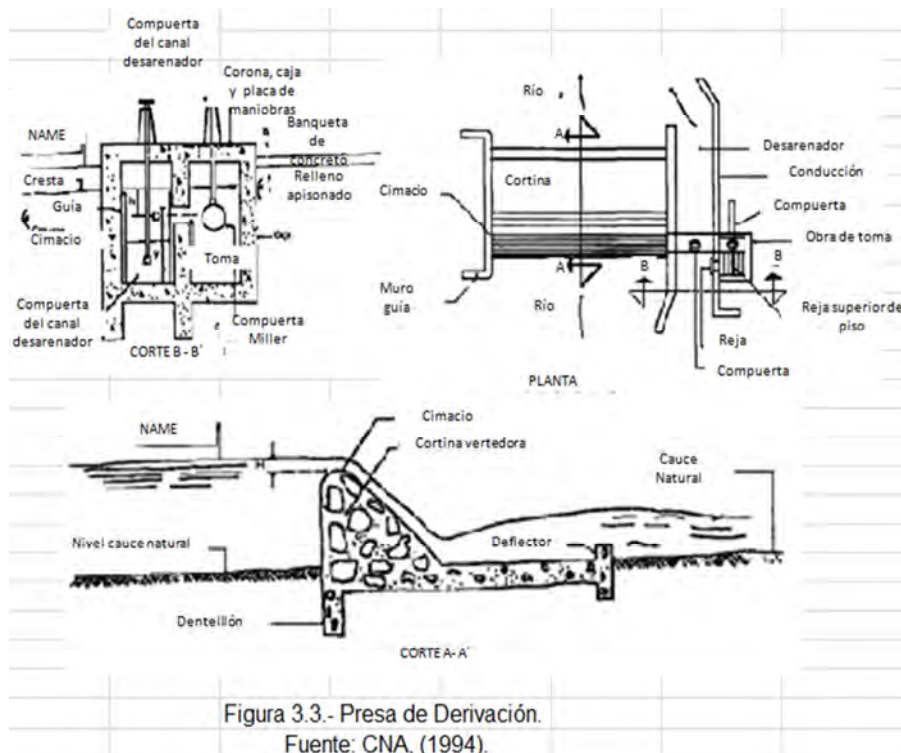
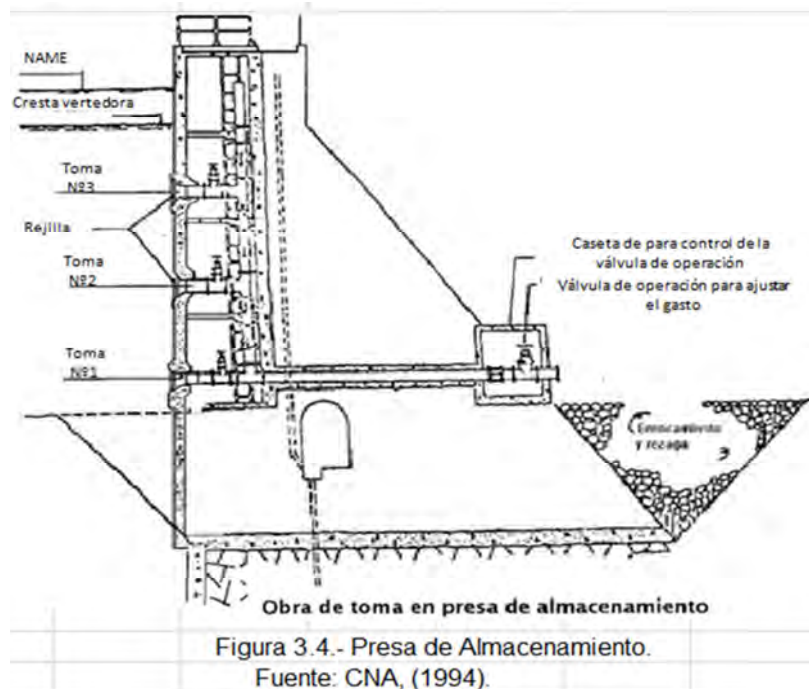


Figura 3.3.- Presa de Derivación.
Fuente: CNA, (1994).

3.1.2.4.- Presas de almacenamiento.

Esta clase de obra de gran envergadura se construye en toda la sección transversal del cauce de un río, permitiendo el flujo controlado del agua a través de la cortina. El objetivo primordial es almacenar el agua que aporta la corriente. Fundamentalmente una presa de este tipo se constituye por la cortina (gravedad, materiales graduados, enrocamiento), obra de toma (tubería a presión, sistema con compuertas), obra de control (compuertas) y obra de excedencias (vertedor de demasías) (fig. 3.4.).



Para su diseño intervienen dos factores:

- El agua disponible aportada por la corriente basado en los estudios hidrológicos previos.
- La demanda que exige la comunidad beneficiada que depende de su gasto máximo diario.

La obra de toma está formada de una estructura de control o torre y un conducto (galería o tubería) la cual trabaja como tubo (presión mayor a la atmosférica) o canal (presión igual a la atmosférica).

En la torre se dispone de tres ó cuatro orificios ubicados a diferentes alturas, se deben localizar debajo del nivel máximo de operaciones, y la última toma debe estar abajo del nivel mínimo de operaciones. Cada toma esta constituida por una rejilla con barras de acero y una compuerta.

Durante la operación de la obra de toma, la bocatoma más cercana a la superficie permanece abierta mientras que las otras permanecen cerradas esto con el fin de obtener agua con la mejor calidad y ahorrar en operación de plantas potabilizadoras. En un proyecto de este tipo debe tomarse en cuenta las siguientes características para que el embalse pueda trabajar eficientemente:

- Capacidad total del almacenamiento.
- Capacidad de azolves.
- Capacidad útil.
- Almacenamiento mínimo(los azolves representan el 10% de capacidad útil aproximadamente).
- Elevación correspondiente a la capacidad de azolves.
- Elevación correspondiente al NAMINO (nivel mínimo de operación).
- Elevación correspondiente al NAMO (nivel máximo de operación).
- Elevación correspondiente al NAME (nivel máximo extraordinario).
- Carga mínima en la obra de toma.
- Carga máxima en la obra de toma.
- Capacidad de la obra de toma.

3.1.3.- Captación de aguas subterráneas.

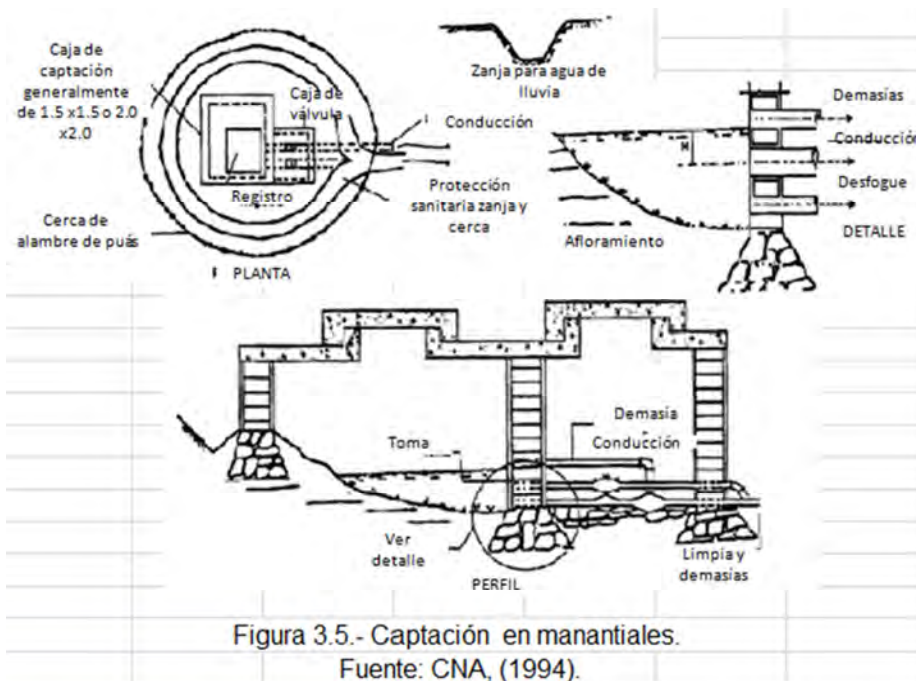
Se encuentran en el subsuelo, para llegar a ellas es necesario hacer pruebas de campo y perforaciones en la superficie, Para más información consultar el capítulo 1 de esta tesis que en el subtema de Geohidrología se puede conocer mejor este tipo de captación.

3.1.3.1.- Captación en manantiales.

Básicamente se define como la recolección de un afloramiento subterráneo de agua en la superficie, generalmente se debe al tipo de material que constituye el suelo y subsuelo donde “nace” el agua

De acuerdo con la CNA (1994), una captación de agua de este tipo debe protegerse de la contaminación y que el manantial no se obture. Para lograrlo es necesario construir una caja que proteja la salida de agua del afloramiento, la cual deberá establecer un régimen constante inclusive en tiempos de lluvia cuando al manantial trabaja a contra carga, es decir, que el gasto de aportación es mayor al de diseño, para lograrlo el tubo de desfogue o el vertedor de demasías se colocan un poco debajo del afloramiento más alto del manantial.

Para que todo lo anterior se logre es necesario estudiar cuidadosamente la topografía del terreno en planta y en perfil, el área del manantial y la salida del agua, ya sea formando una pequeña laguna antes de escurrir o una corriente directa. Además de la caja se construye un registro junto a esta la cual brindará protección a las dos válvulas de seccionamiento (de desagüe y conducción) las cuales se dimensionan para soportar el gasto máximo diario de proyecto (fig.3.5.).

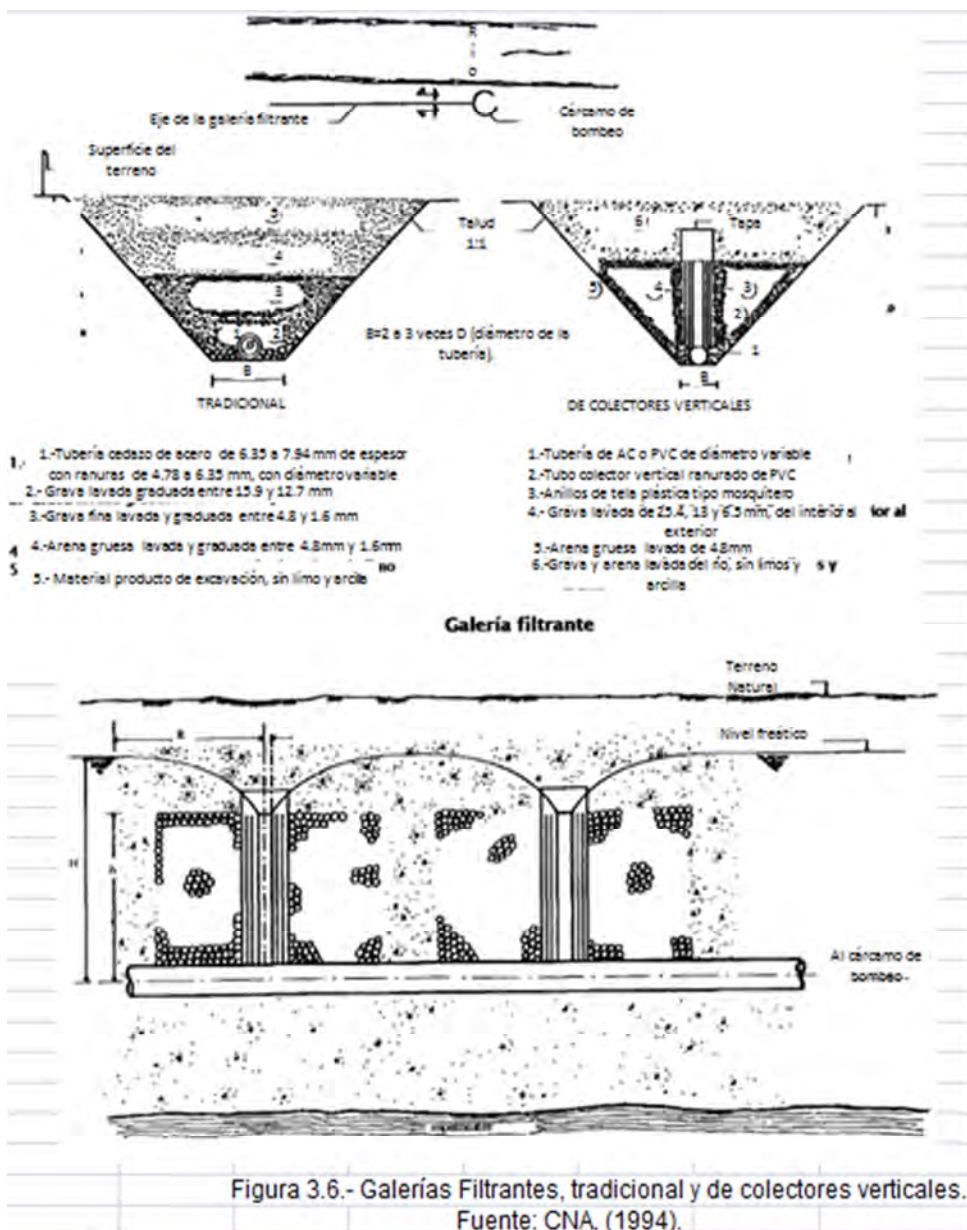


3.1.3.2.- Galerías filtrantes.

Se utiliza para captar agua del subálveo (bajo el lecho del río), es decir, el agua subfluvial de la corriente. Se construyen generalmente en una margen de la corriente principal paralela a esta y en época de estiaje. Debido a la socavación que presenta una corriente en avenidas máximas y los costos que implica, es poco recomendable una captación por galería filtrante en el sentido transversal de la corriente.

Una vez captada esta agua se conduce a un cárcamo de bombeo donde se inicia la conducción. La distancia y profundidad de separación del cauce y la galería deben ser tales que el agua se someta a filtración natural, esto estará definido por las características topográficas del cauce, tipo de material y calidad del agua. Para clarificar y desinfectar el agua basta con un recorrido por el material filtrante

aproximadamente de 12 a 15 metros. Los gastos de diseño se establecen en base a teorías de filtración como la ley de Darcy u otra ley que definiera el recorrido del agua a filtración dentro del subsuelo. Se tienen dos tipos de galería filtrante, Galería filtrante tradicional o colector horizontal y Galería filtrante con colectores verticales, siendo la más utilizada en México la tradicional. En la siguiente ilustración se muestran algunos tipos de galerías.



Para establecer su localización, profundidad y características se realizan pruebas de campo como localización de un tramo apropiado en la corriente que sea recto y que superficialmente tenga suelos granulares, después se realizan perforaciones de exploración de 6 a 12 metros de profundidad separadas de 5 a 10 metros en el eje de probable proyecto, para saber el perfil litológico de las secciones. Aprovechándose una de las perforaciones se realizan bombeos de prueba para saber el rendimiento por metro lineal de excavación.

Las dimensiones de la galería se basan en los siguientes puntos.

- Gasto máximo diario de proyecto.
- Pendiente de la tubería ranurada.
- El rendimiento hidráulico por metro lineal de la galería.

Como el gasto varia a través del tiempo es necesario seguir haciendo mediciones de campo periódicas ya que pudiera ser necesaria la ampliación de la galería. Y teniendo el corte litológico (mientras que no se encuentren boleos grandes), así como el diámetro de la tubería ranurada se establece las dimensiones de la zanja, los espesores y granulometría del material filtrante.

3.1.3.3.- Puyones.

Menciona la CNA (1994), que son pozos someros de diámetro pequeño también conocidos como pozos hincados, su construcción mas común es en terreno blando, debido a que un solo pozo no genera un gasto muy grande, se hincan varios pozos cuando se requiere un gasto de dimensiones considerables, que se nombra

sistema de puyones, la profundidad de los puyones no se debe exceder de 15 metros ya que no es recomendable.

El método de hincado establece que para construir uno de estos pozos, es necesario introducir una punta coladora de pozo o puyón, colocada en la parte extrema de un tubo de acero galvanizado unido o acoplado debidamente. La punta se hunde hasta llegar al acuífero por medio de un equipo de martillo con impulsión, así como una tapa que protege el extremo de la tubería que se hinca y por último un trípode con una cuerda con polea, con o sin malacate. Se debe hacer también una excavación con un pequeño pozo de 0.6 a 1 metro de profundidad de donde se comenzará a hincar el puyón.

El sistema de puyones o well points se utiliza solo en comunidades rurales para el abastecimiento de agua potable. El gasto de un puyón es de 0.2 a 1 l/s y la equidistancia entre puyones es de 25 a 80 metros, se unen a una tubería principal que funciona con múltiple succión ya que generalmente se une a un equipo de bombeo como se muestra en la figura 3.7.

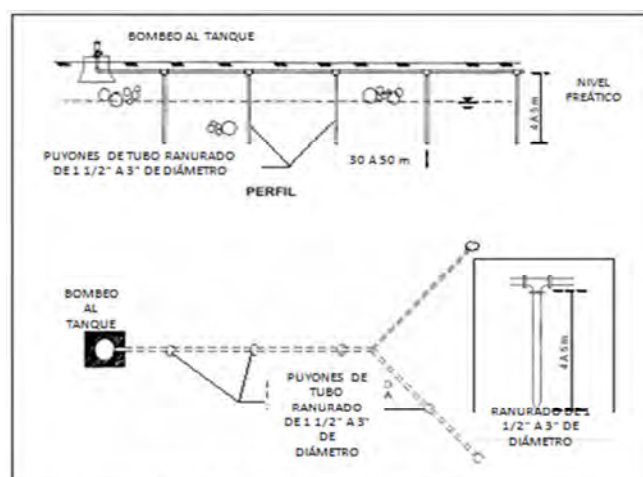


Figura 3.7.- Sistema de puyones.

Fuente: CNA, (2002).

3.1.3.4.- Pozos someros.

Se construyen para explotar agua freática o subálvea convenientemente adecuada para consumo. Para secciones rectangulares cada lado debe ser de 1.5 metros y en secciones circulares 1.5 metros de diámetro, ya que su construcción no debe presentar dificultad alguna. La figura 3.8. muestra un pozo somero tipo.

Pozos con ademe de concreto: los anillos que se coloquen dentro del estrato permeable deben tener orificios de acuerdo con un estudio granulométrico previo (CNA: 1994), si no se tuvieran dichos datos se recomienda que los orificios tengan por lo menos de 25 a 250 mm de diámetro colocados a tresbolillo a una distancia de 15 a 25 cm de centro a centro.

Pozos con ademe de mampostería: ya sea de piedra o tabique, se dejan espacios sin juntar en el estrato permeable apegándose de tal manera a las consideraciones posteriores.

Ahora se describirá el procedimiento de “pozo indio” y que se utiliza cuando se usan ademes de concreto, a continuación se describe en que consiste este.

1. Colocar anillos de concreto de aprox. 1.5 metros de altura por 1.5 metros de diámetro o lado según sea la sección, y con perforaciones ya establecidas.
2. Excavar dentro del ademe colocado en la superficie del terreno y poco a poco al ir excavando el ademe debe ir incrustándose en el terreno.
3. Una vez que la parte superior del ademe esta a nivel de terreno natural, se duela o coloca el siguiente anillo de ademe y se sigue excavando

4. La operación se repite hasta colocar todos los anillos que se requieren, se sigue con los puntos y restricciones de sanidad y consumo vigentes.

3.1.3.5.- Pozos profundos.

Son conocidos de esta manera ya que el abastecimiento por este medio se realiza a profundidades de 100 metros en adelante. La hidráulica de pozos prevé el comportamiento de una captación de este tipo, como los niveles piezométricos y freáticos.

De acuerdo a la CNA (1994), se describe que en México más del 50% de su territorio tiene climas desérticos o semidesérticos en los cuales este sistema es indispensable para poder abastecer de agua a una población ya que el subsuelo aloja la única fuente de agua para consumo (fig.3.9.).

Menciona la CNA (1994), que deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Identificar el tipo de flujo del pozo (confinado, semiconfinado), así como sus características hidráulicas (permeabilidad, transmisibilidad), ya que así se conocerán las características y capacidades de bombeo a que pudiera someterse.
- Se debe predecir el comportamiento hidráulico del pozo y los niveles de agua del acuífero.

- Diseñar un campo de pozos si fuera necesario y colocar el número adecuado, así como la separación necesaria para no tener interrupciones del funcionamiento entre ellos.

Nota: en el capítulo 1 sobre el subtema de Geohidrología se explica los conceptos de pozos profundos.

Ahora se mencionan algunos de los métodos para perforar pozos profundos los cuales se mencionan a continuación.

Perforación con sistemas de percusión: este procedimiento básicamente consiste en la incrustación de una barrena por medio de golpeteo, este tipo de excavación o perforación es el más antiguo y ha sido desplazado por los métodos rotativos.

Perforación con sistemas rotativos: también conocidas como barrenas o taladros, su funcionamiento consiste en excavar girando una pieza con navajas a lo largo de esta, este sistema se comenzó a usar en la industria petrolera con una capacidad muy grande llegando a perforarse hasta los 2000 metros de profundidad y diámetros de 76 centímetros (30”), se tienen registros de perforaciones de rocas para hacer agujeros en el antiguo Egipto.

Estos son algunos ejemplos.

- Perforación rotatoria con ademe a percusión.
- Perforación rotatoria con circulación directa.

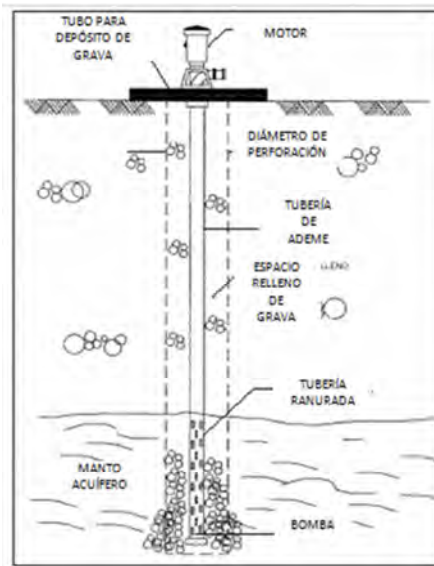


Figura 3.9.- Pozo profundo.
Fuente: CNA, (2002).

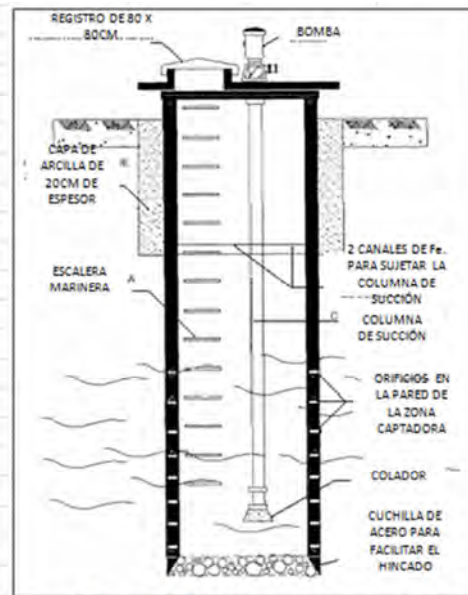


Figura 3.8.- Pozo somero excavado.
Fuente: CNA, (2002).

3.1.4.- Captación de aguas meteóricas o atmosféricas.

La captación de lluvia no es muy común como abastecimiento de agua potable, solo se utiliza cuando no existe otra alternativa para captar agua debido a la escasez o mala calidad de esta.

La manera en que se capta esta agua es por medio de tejados de casas o pisos impermeables, después es conducida hasta un tanque subterráneo que recibe el nombre de ALGIBE o CISTERNA. Como el agua que es recolectada mediante pisos y techos contiene muchas impurezas que se acumulan a lo largo del año en estos, en este caso se opta por no consumir las primeras aguas llovidas, además de colocar un filtro de arenas, gravas y material fino, todo esto con el fin de almacenar el agua más limpia posible, el depósito debe contar con una bomba para extraer el agua y también debe protegerse de la intemperie además de ser impermeable. Se

coloca un registro para la inspección y limpieza del mismo, el cual debe contar también con ventilación.

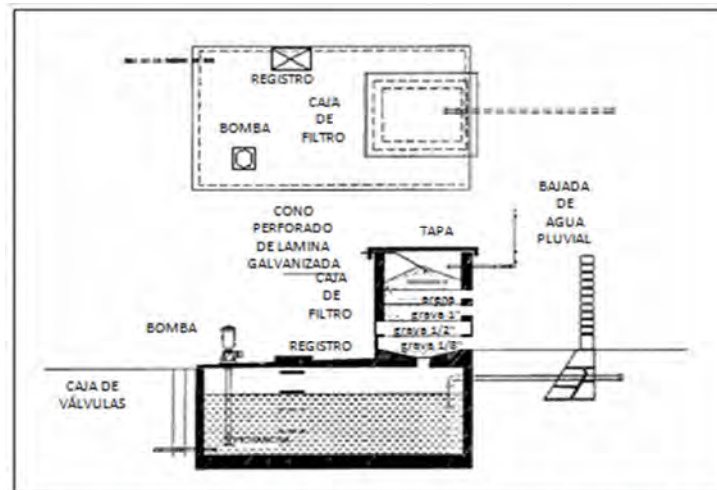


Figura 3.10.- Sistema para recolectar agua de pluvial.
Fuente: CNA, (2002).

3.2.- Obras de conducción.

Parte del sistema que transporta el agua desde el lugar de captación a un tanque de regularización o planta potabilizadora, también se define como el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y especiales usadas para conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar de entrega (CNA: 1994).

El diseño cubre el gasto máximo diario, o bien, con el gasto que se decida usar de la captación.

Menciona la CNA (1994), que la línea de conducción debe colocarse paralela a un camino o sino existiera sería necesario construir uno ya que las ventajas que aporta el camino ayudan a prevenir el empeoramiento de algún desperfecto como

fugas, así como un fácil mantenimiento, es necesario tomar en cuenta para el diseño las pérdidas por fricción, la fórmula para realizar dichos cálculos se presenta en el capítulo 5 en el apartado de ecuación de la energía.

3.2.1.- Obras de conducción por gravedad.

En una conducción por gravedad la captación de agua se realiza en un punto topográfico con una altura mayor a la que tiene la obra de regularización, esto permite que el agua sea llevada a través de la conducción, debido a la diferencia de alturas entre ambos puntos, ya que el agua tendrá una presión de movimiento o energía que es proporcional a la diferencia de alturas. Todo esto se debe a que el agua tiende a estar al mismo nivel.

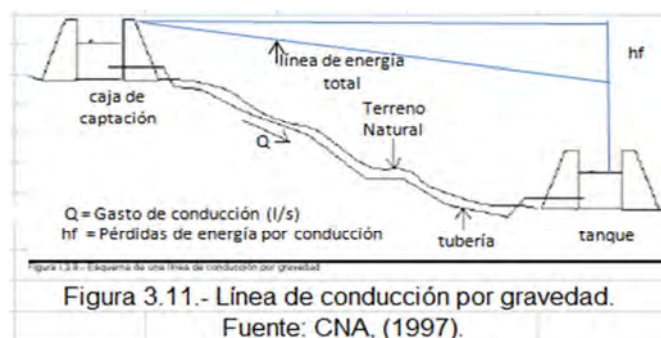
Este tipo de conducción se puede efectuar de dos maneras:

- a) Línea trabajando a superficie libre o canal (no se tocará el tema).
- b) Línea trabajando totalmente llena o a presión.

Las recomendaciones según la CNA (1994), las líneas de conducción por gravedad deberán seguir en lo posible el perfil topográfico, como la mayor parte de la línea de conducción es colocada bajo tierra, se debe procurar no excavar en roca. Se debe cuidar la línea piezométrica o gradiente hidráulico ya que la tubería trabajará eficientemente bajo esta línea, es decir, la conducción al acercarse a esta línea imaginaria que se calcula restando las pérdidas por fricción de los tubos a la diferencia de presiones; si el perfil se acerca a esta línea la presión de trabajo baja teniendo un ahorro en tubería y si la rebasa el agua tendría presiones negativas y no

podría seguir su camino a través de la misma, es muy importante cuidar que las presiones de trabajo no sean rebasadas por el perfil topográfico, ni se alejen o acerquen demasiado a la misma.

En caso de ser una conducción muy larga y con una diferencia de alturas muy grande, para poder colocar tubería de menor calibre se debe colocar una caja rompedora de presión que no es más que un tanque de regularización intermedio entre la captación y la regularización, por ultimo la velocidad en la tubería debe ser suficiente para no permitir la sedimentación de partículas así como disponer de los datos de carga disponible (diferencia entre niveles de captación y regularización restando las pérdidas por fricción de la línea de conducción), la longitud de la misma y el gasto por conducir.



3.2.2.- Obras de conducción por bombeo.

En este caso la conducción se encuentra de manera inversa a la anterior, es decir, que la captación se localiza a una altura menor que la regularización, o bien, es extraída del subsuelo, todo esto con el fin de vencer la carga de posición más las pérdidas causadas por la tubería, en otras palabras se realiza desde un pozo o un

cárcamo, el equipo de bombeo es capaz de incrementar bruscamente el régimen hidráulico y por reacción el gradiente hidráulico ya que deberá vencer la diferencia de altura que interconecta la conducción por lo que los dispositivos de seguridad son mas complejos y la tubería de mayores espesores.

De acuerdo con la CNA (1994), para definir los diámetros de la tubería se deberán realizar estudios de diámetros económicos de la misma, así como tomar en cuenta los aspectos de diseño para una conducción por gravedad. Es indispensable reducir en lo posible la línea piezométrica con la meta de disminuir los fenómenos transitorios, se deben analizar dichos fenómenos con el fin de revisar los tipos de tuberías y clases de esta, y definir si es adecuado colocar estructuras de protección.

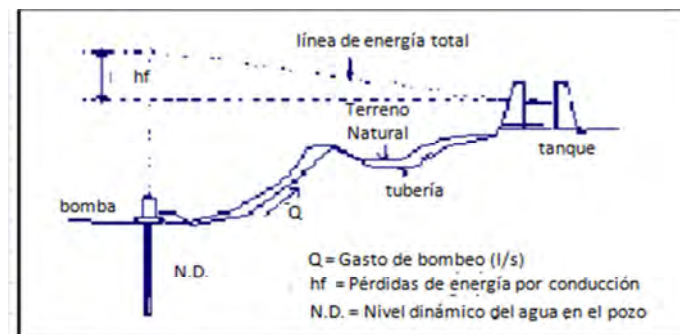


Figura 3.12.- Línea de conducción por bombeo.

Fuente: CNA, (1997).

3.3.- Obras de regularización.

El objetivo es logra transformar un régimen de aportación normalmente constante producido por la línea de conducción, en un régimen de consumo-demanda que exige la red de distribución de la población que en todos los casos es

variable. El tanque de regularización ya sea superficial o elevado debe generar un servicio eficiente sometido a normas estrictas de higiene y seguridad.

Su diseño se realiza basándose en el gasto máximo diario así como tablas (no se mencionarán) de consumo publicadas por la CNA y en la demanda de la población por abastecer (gasto máximo extraordinario). Debe tener obra de demasías, control de salida o entrada y conductos verticales que permitan la entrada de aire y eviten la entrada de roedores u otros animales. Así pues, buscará que el volumen que se almacena no se estanque y se permita el movimiento de agua para evitar el deterioro de la calidad para consumo de la misma, el tanque tiene una entrada de agua las 24 horas sea una conducción por bombeo o por gravedad, en la entrada el diámetro es el de la conducción la cual puede entrar por encima del espejo de agua y por el fondo del mismo salir hacia la distribución con un diámetro menor, esto se definirá considerando la topografía, los fenómenos transitorios y los aspectos estructurales (Ver figura 3.13.).

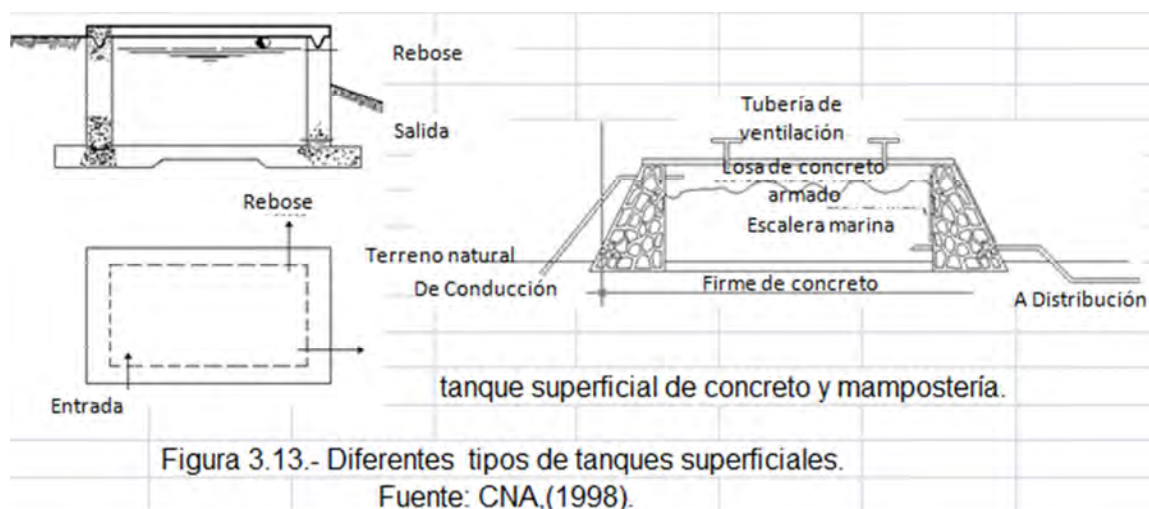
3.3.1.- Obra de regularización superficial.

Es la obra más común para el abastecimiento de una población sólo si cumple con los requerimientos topográficos, en otras palabras, que el desnivel donde se sitúa la población sea de tipo montañoso, donde las casas se encuentren alejadas del mismo y pendiente abajo del tanque, ya que el suministro se realiza por gravedad. Sea cual sea el tipo de tanque, su desplante se realizará sobre terreno firme evitando rellenos en la cimentación, solo en casos donde el terreno tenga una capacidad alta se podrá desplantar directamente, siempre y cuando el suelo se

compacte adecuadamente y se aleje por lo menos 15 metros de algún lugar o conducción de agua en estado de polución. Para su mantenimiento se deben colocar una escalerilla tipo marinero y un registro por donde pudiera entrar sin problema una persona. Y existen los siguientes tipos de tanques.

Tanques superficiales de mampostería: son construidos con muros de roca volcánica pegada con mortero, piso de concreto reforzado, y losa de concreto reforzado, recomienda la CNA (1994), que esta clase de tanques se construyan para capacidades de hasta 10000 metros cúbicos y tirantes de 1 a 3.5 metros

Tanques superficiales de concreto reforzado y presforzado: son construidos con muros, piso y losa de concreto reforzado y en el caso de presforzados con materiales prefabricados de concreto, suelen ser baratos y rápidos de construir, se recomiendan para tirantes de 2 a 5.5 metros y capacidades de hasta 30000 metros cúbicos aproximadamente en concreto reforzado, para concreto presforzado se recomiendan para controlar capacidades de entre 5000 y hasta 50000 metros cúbicos de agua y tirantes de 5 a 9 metros.



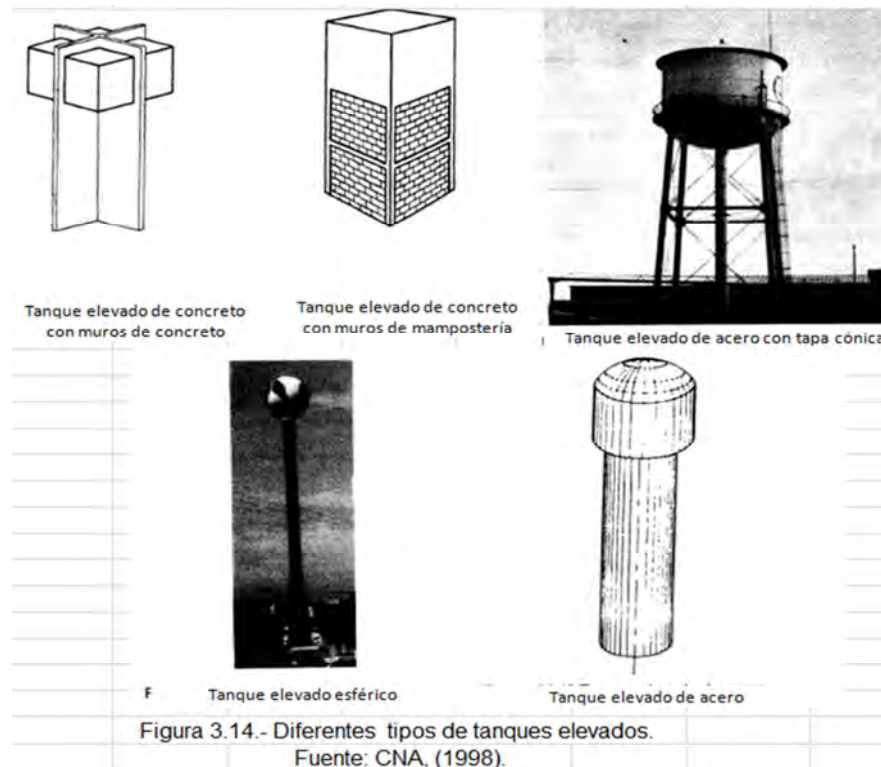
3.3.2.- Obras de regularización elevada.

Se utilizan en localidades con topografía plana, donde no se dispone de un lugar con altimetría mayor a la de la población, se considera su localización según el modo de operar del sistema ya que debe proporcionar las presiones adecuadas al sistema de distribución, la capacidad del tanque se obtiene igual que para un tanque superficial. La entrada de la conducción se localiza por arriba del tanque y la salida a la distribución se realiza por debajo del mismo y en casos de llenado tiene un vertedor de demasías con un tubo que descarga muy lejos del tanque evitando erosiones en la cimentación, la ventilación se realiza por medio de tubos verticales protegidos de roedores y de la lluvia, las medidas de seguridad son iguales que las de un tanque superficial.

Las capacidades de diseño de un tanque de este tipo van de 1000 a 10000 metros cúbicos con alturas que van de 10, 15 y 20 metros.

Tanques elevados de concreto reforzado: la torre se realiza a base de columnas y trabes (marcos) de concreto reforzado, el tanque se construye también con concreto reforzado (muros, piso y losa).

Tanques elevados metálicos: se construye de manera similar al tanque anterior la diferencia es que las trabes y columnas se construyen con perfiles de acero estructural, el tanque se construye con lámina estructural y las secciones utilizadas son indicadas según la capacidad que requiera en el tanque.



3.3.3.- Capacidad de reserva.

En localidades rurales los tanques se usan solamente para regularizar el gasto de distribución. En sistemas de localidades grandes donde existen comercios industrias o turismo es necesario realizar un análisis de esta capacidad para poder contar con una cantidad almacenada de reserva para prevenir posibles fallas en el sistema eléctrico incendios o fallas en la línea de conducción, esta capacidad de reserva debe ser tal que al diseño del tanque se prevenga que dicha capacidad sea usada, de lo contrario puede quedar un tanque sobredimensionado, es decir, que el volumen de agua para su diseño sea usada en su totalidad (CNA: 1994). Se recomienda un incremento en un 10% a un 25% de la capacidad de la regularización para prevención contra incendios o condiciones de emergencia.

Así, en este capítulo se presentaron los diferentes tipos de obras de captación, conducción y regularización, en el capítulo subsecuente se tratará fundamentalmente las tuberías, sus tipos, así como las piezas con las que se realizan las conexiones, se regula el paso y se mide el caudal de la misma, las que proporcionan la seguridad necesaria para prevenir algún problema que se llegará a presentar en cualquiera de las partes que conforman un sistema íntegro de conducción. También algunas normas que se deben considerar para el diseño del sistema de conducción por bombeo por el que se tomó la decisión de realizar este trabajo de tesis.

CAPÍTULO 4

PIEZAS DE SEGURIDAD, PIEZAS ESPECIALES, TUBERÍAS, BOMBAS, COLOCACIÓN Y CONFORMACIÓN DE LAS MISMAS.

En este capítulo se exponen cada una de las partes que forman un diseño de obra de abastecimiento de agua potable y simbologías, básicamente se expresa un concepto general de cada una de las piezas y aparatos que debe contener un abastecimiento para su control y buen funcionamiento.

4.1. – Válvulas (piezas de seguridad).

Las válvulas son aditamentos o dispositivos que realizan la función de seccionar, admitir flujo en un solo sentido, permitir el paso de aire o agua, evitar incrementos constantes y bruscos de presión, medir gasto y limpiar la conducción de impurezas, a continuación se describen las válvulas de seguridad más usadas en conducciones de agua potable.

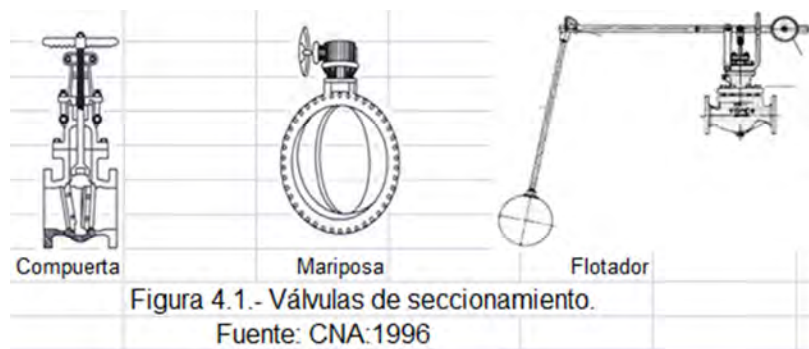
4.1.1- Válvulas de seccionamiento.

Permiten aislar partes de la tubería, con el fin de dar mantenimiento sin tener que vaciarla toda. Existen las de compuerta, de flotador y mariposa las que son mostradas en la figura. 4.1. (CNA: 1994).

Válvulas de compuerta: su funcionamiento se basa en un volantín con una manija y un tornillo que al girar baja o sube una compuerta que impide el flujo de agua. Se usan para alta presión.

Válvulas de flotador: controla el nivel máximo del agua en un tanque de regularización y trabaja a base de un flotador que activa una compuerta que cierra el paso del agua conforme sube el nivel de la misma en el tanque.

Válvulas de mariposa: Su funcionamiento es mas simple, solo basta girar la perilla para cerrar el paso del agua. Se utilizan para bajas presiones.



4.1.2.- Válvulas de seguridad.

Usadas para la protección de las líneas de conducción, ya que dichos conductos son cerrados y en ocasiones sería muy costoso diseñar una tubería capaz de resistir los fenómenos ocurridos en su interior (Ver Fig.4.2.).

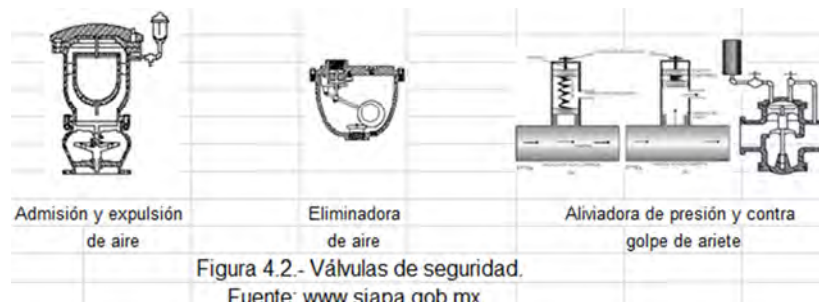
Válvula aliviadora de presión o contra golpe de ariete: se usa para proteger al equipo de bombeo, tubería y otros accesorios de la onda de sobrepresión generada por la suspensión repentina del bombeo, o bien, en el arranque del mismo. Actúa cuando la presión dentro de la tubería es mayor a la prevista para trabajar

normalmente, una vez que sobrepasa dicha presión el flujo es liberado a la atmósfera. La válvula esta constituida por un pistón que regula el funcionamiento de dicha válvula y que trabaja con una presión establecida por un dispositivo piloto que se controla por una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. Sus dimensiones se determinan en función del gasto de la tubería a la que esta conectada.

Su ubicación se recomienda después del múltiple de descarga de la bomba entre la check y la de seccionamiento mediante una Tee de acero fundido (CNA:1997).

Válvula de admisión y expulsión de aire: se coloca en puntos altos de las conducciones a presión o ha cada 500 metros, operan automáticamente para remover el aire desplazado cuando la línea se va llenando paulatinamente, mismo que se acumula en esos puntos. A su vez también pueden admitir la entrada de aire evitando así el colapso de la tubería en caso de presión negativa.

Sus dimensiones varían en función de la velocidad del agua, el diámetro del conducto y el gasto de aire que debe admitir o expulsar. Para eliminar pequeñas cantidades de aire se adiciona esta y otra válvula llamada válvula eliminadora de aire (CNA: 1997).



4.1.3- Válvulas de no retorno.

En caso de suspensión en el suministro de energía eléctrica, sea programado o imprevisto, lo que provoca la misma en el trabajo realizado por los sistemas de bombeo, ocasionando que el flujo de la masa de agua descienda vertiginosamente presentándose los conocidos fenómenos transitorios (golpe de ariete) que actúan en contra de dicho equipo produciendo daños severos a este. Para evitar los daños ocasionados por el flujo inverso es necesario colocar una válvula de retención o no retorno (Ver Fig.4.3.).

Válvula check tradicional: También llamada de columpio. Es una válvula de contrapeso externo y con cierre de asiento de hule o metal con metal se constituye de una cámara amortiguadora que permite el flujo en una dirección, así como una tapa que cierra herméticamente cuando el flujo de la salida comienza a detenerse y la presión en la salida es mayor que en la entrada.



4.1.4.- Válvulas de Limpieza.

Estas válvulas se utilizan para desfogar o liberar el agua contenida en caso de requerir limpieza o reparación, enseguida se menciona la más común de estas.

Válvula de Desagüe: se usan con el propósito de limpiar la línea durante la construcción y para liberar el agua en caso de maniobras de limpieza o reparación,

se deben localizar en las partes bajas de la línea de conducción o ha cada 500 metros. Se deben analizar las separaciones entre desagües dependiendo del tiempo que se ocupa para vaciarla, esto en casos particulares de diseño, en la figura siguiente se muestra una de estas válvulas (CNA: 1997).

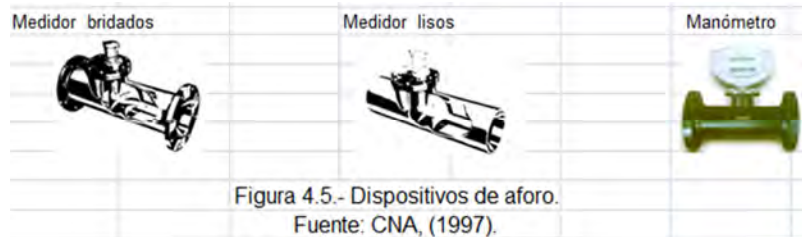


4.1.5.- Dispositivos de aforo.

Colocados para controlar la presión el gasto y otros factores con el fin de saber el comportamiento de la conducción durante el tiempo que trabaja (Ver Fig. 4.5.).

Manómetro: es un dispositivo para medir las presiones relativas, denominadas presiones hidrostáticas, que se une a depósitos, tuberías o canales con el fin de medir la presión de trabajo de la conducción.

Medidor de Caudal (gasto): es un dispositivo que mide la cantidad de flujo, también llamado gasto que cruza por un conducto en una unidad de tiempo ya sea dicho conducto un canal o tubería.

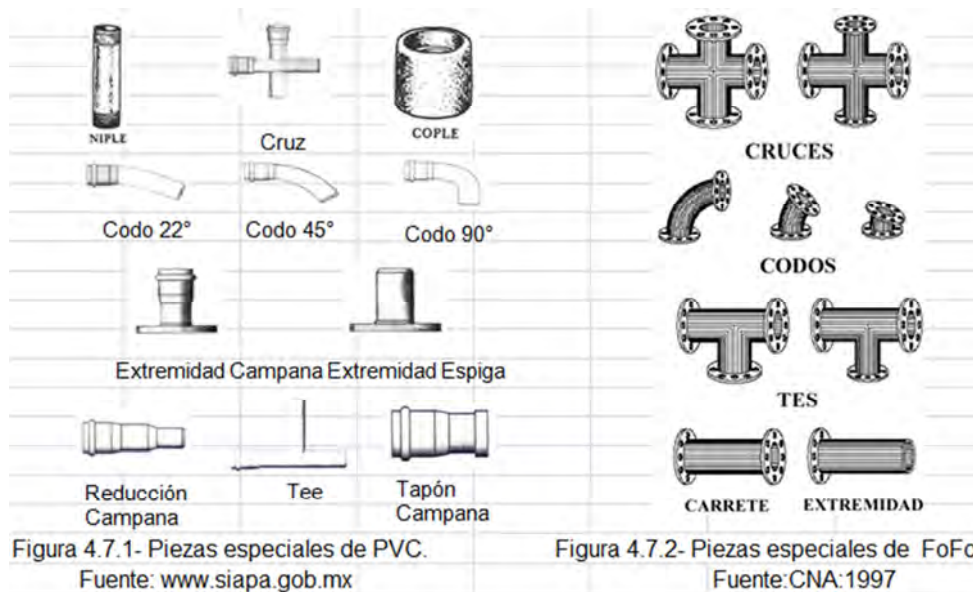


4.1.6.- Registros.

Son pequeñas construcciones de forma cúbica que se fabrican de mampostería o concreto reforzado ya sean hechos en obra o prefabricados. Se instalan en partes específicas de la tubería con fines de pruebas, inspección, limpieza, prevención, reparación y seguridad, (CNA: 1994). Útiles durante la construcción, durante la vida útil para inspección y reparación de la misma. En grandes conductos se instalan registros a cada 250 o 500 metros y deben alojar válvulas u otros dispositivos principalmente (Ver Fig. 4.6.).

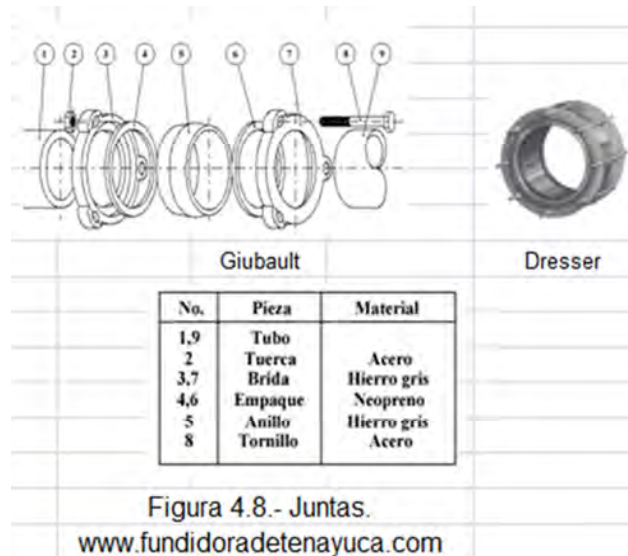


4.2- Piezas especiales.



4.2.1.- Juntas.

Se conforma de dos anillos y un barrilete con empaques de neopreno que a su vez se unen por medio de tornillos en los extremos y un barrilete al centro que impide que la tubería se mueva o derrame el líquido que es conducido. Las juntas pueden ser, Gibault y Dresser.



Son utilizadas para:

- Absorber movimientos diferenciales de la tubería (ocurrencia de sismo).
- Para absorber movimientos por efectos de temperatura en la tubería.
- Para unir tuberías del mismo o de diferente material y diámetro.
- Para unir tuberías con accesorios y válvulas.

4.2.2.- Carretes.

De acuerdo a CNA (1996) los carretes son tubos de pequeña longitud provistos de bridas o roscas en los extremos para su unión. Se fabrican principalmente de acero fundido y acero con longitudes de 25, 50 y 75 cm.

4.2.3.- Extremidades.

Son tubos de longitud pequeña que se colocan en alguna descarga por medio de una brida en uno de los extremos, se fabrican de acero, Fo Fo y PVC. Las

longitudes estándar de fabricación son de 40, 50 y 75 centímetros, en PVC las extremidades pueden ser de campana o de espiga.

4.2.4.- Tee's.

Son accesorios que se caracterizan por tener tres salidas, tiene forma de Tee; dichas salidas pueden dar dirección en dos sentidos al flujo, son utilizadas para unir tres conductos que pueden ser del mismo o diferente diámetro y su deflexión es de 90° con respecto a su eje. En el caso de ser diferente diámetro se llaman ampliación o reducción dependiendo de la dirección del flujo.

4.2.5.- Descarga múltiple con forma de Yee.

Es un accesorio que se fabrica en obra ya que no son fáciles de encontrar con algún distribuidor, generalmente es de acero soldable y se utiliza para unir tres o cuatro conductos en donde pueden ser del mismo o de diferente diámetro, su deflexión es menor de 90° con respecto a su eje principal. En el caso de ser diferente diámetro se llaman ampliación o reducción dependiendo de la dirección del flujo.

4.2.6.- Cruces.

Son accesorios con forma de cruz, que se utilizan para unir cuatro conductos, el diámetro entre conductos puede ser igual o dos diferentes es decir dos mayores y dos menores, un caso más sería un cruce de ampliación o reducción de acuerdo al

sentido del flujo, solo se pueden encontrar de FoFo en diámetros grandes como de 6" en adelante, menor a ese diámetro se encuentran también en PVC.

4.2.7.- Codos.

Son accesorios que se usan para dar cambios de dirección a las conducciones, la función de los codos es la de unir dos tuberías del mismo diámetro, los cambios de dirección que hacen los tubos son de 22.5°, 45° y 90° y pueden ser fabricados de PVC, FoFo, fibrocemento y se pueden realizar con acero soldable en campo.

4.2.8.- Reducciones-ampliaciones.

Son accesorios de forma cónica que se coloca en zonas de transición de una conducción de agua, el nombre se le asigna dependiendo el sentido del flujo, sea reducción o ampliación; se usan para unir dos tubos de diferentes diámetros también se pueden encontrar en el mercado de PVC o Fierro fundido generalmente con bridas, y se pueden realizar en obra con acero soldable.

4.2.9.- Coples.

Son pequeños tubos de PVC, fibrocemento, acero soldable o galvanizado que se usan para unir dos conductos del mismo diámetro, dicha unión es por acoplamiento.

También son utilizados para reparación de la tubería, ellos se pueden deslizar libremente por la misma.

4.2.10.- Niples.

Son pequeños tubos de PVC, acero soldable o galvanizado que se usan para unir dos tramos de tubería por medio de rosca, en el caso de acero soldable es posible forjar en campo a consideración del proyectista.

4.2.11.- Tapones y tapas ciegas.

Son accesorios que se usan para restringir totalmente el paso del agua por una conducción, Se colocan en los extremos de un conducto para evitar la salida del líquido. Debido a la presión con la que actúa el agua dentro de la tubería.

4.2.12.- Bridas.

Son accesorios usados en las uniones de tubos, ya sea de PVC, acero o fierro, su característica principal es que dicha unión se realiza por medio de tornillería colocada en los orificios que se tiene en esta pieza, esta misma puede unirse a la tubería por medio de rosca, soldadura o forjado a la misma pieza de tubería.

4.3.- Tipo de tuberías.

Menciona Enrique César Váldez en su libro “Abastecimiento de Agua Potable” (1993), que las tuberías se pueden fabricar de: Acero, Fibrocemento, Concreto presforzado y Policloruro de Vinilo (PVC).

4.3.1.- Tubería de fierro fundido (FoFo).

Se utilizaba para conducción de agua potable ya que tenían gran ventaja por su alta resistencia a la presión. Pero su alto costo y dificultad para maniobrar, provocaron que fueran desplazadas del mercado por otras tuberías.

En el mercado su resistencia se define por un parámetro que es llamado cédula, que no es más que el espesor que se tiene de las paredes de un tubo forjado con este material

Hoy en día el fierro fundido es ideal para forjar piezas especiales, las cuales se mencionan en este capítulo. Cualquier unión de tubería con una pieza de este material se realiza por medio de bridas atornilladas y empaques.

4.3.2.- Tubería de acero al carbono soldable (AoSo).

Este tipo de tubería debido a sus características de resistencia a altas presiones es utilizada ya que es más fácil encontrar en el mercado, en comparación con el fierro fundido, este es uno de los motivos por el cual esta tubería desplazó

al hierro fundido. Menciona la Norma ASTM A-53 A, que comercialmente esta tubería se puede adquirir de las dimensiones que muestra la tabla 4.1.

Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor		Ced. N°	Peso nominal extremo liso Presiones de Prueba Hidrostática			
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm		lb/pie	kg/m	lb/in²	kg/cm²
1/2	12,7	21/25	21,3	17/50	8 7/11	x	0,7	1,05	700	49
						40	0,85	1,27	700	49
						80	1,09	1,62	850	60
3/4	19,1	1 1/20	26,7	3/10	7 31/50	40	1,13	1,69	700	49
						80	1,47	2,2	850	60
1	25,4	1 13/40	33,7	13/40	8 13/51	40	1,68	2,50	700	49
						80	2,17	3,23	850	60
1 1/4	31,8	1 33/50	42,2	25/61	10 12/29	40	2,27	3,38	1200	84
						80	3	4,47	1800	127
1 1/2	38,1	1 9/10	48,3	2/5	10 4/25	40	2,72	4,05	1200	84
						80	3,63	5,41	1800	127
2	50,8	2 3/8	60,3	3/8	9 21/40	40	3,65	5,44	2300	162
						80	5,2	7,75	2500	176
2 1/2	63,5	2 33/40	71,8	13/40	8 13/51	x	4,64	6,91	1850	137
						40	5,79	8,63	2500	176
3	76,2	3 1/2	88,9	1/2	12 7/10	x	6,06	9,03	1750	123
						40	7,58	11,29	2220	156
4	101,6	4 1/2	114,3	1/2	12 7/10	x	8,54	12,72	1500	105
						40	10,79	16,08	1900	134
6	152,4	6 5/8	168,3	5/8	15 7/8	---	12,92	19,25	1020	72
						---	17,02	25,36	1360	96
						40	18,97	28,27	1520	107
8	203,2	8 5/8	219,1	5/8	15 7/8	20	22,36	33,32	1040	73
						40	28,55	42,54	1340	93
10	254,0	10 3/4	273,1	3/4	19 1/20	20	28,04	41,78	840	58
						---	38,23	56,96	1150	79

Tabla 4.1.- Tipos de tubería de Acero al Carbono Soldable.

Fuente: Aceros y Perfiles FERRE ARAIZA.

En apuntes de la materia de estructuras metálicas 10º semestre se menciona que este material es forjado con una aleación de Hierro + Carbono silicio y Manganeso (99.5% - 0.5% respectivamente), dicha unión da como resultado el acero y se tiene las siguientes características (Ver Fig.4.9.).



Figura 4.9.- Imágenes de acero al carbon soldable.

Fuente: Aceros y Perfiles FERRE ARAIZA.

Ventajas: alta resistencia, uniformidad, elasticidad, ductilidad, tenacidad, además es posible soldarse por arco eléctrico en campo y los cambios de dirección se pueden realizar por medio de cortes sesgados y soldados.

Desventajas: altos costos de mantenimiento y colocación, susceptibilidad al pandeo (debido a su pequeña sección transversal) y corrosión, para contrarrestar estos efectos es necesario pintarla, contraventearla y si es posible dar mantenimiento preventivo.

4.3.3.- Tubería de fibrocemento (asbesto-cemento).

Es una tubería forjada con una mezcla de agua, cemento y fibras de asbesto, la ventaja de este sistema es que la reacción agua-cemento-asbesto tiene una buena interacción electroquímica (catálogo de productos EUREKA), esta característica es similar a la de concreto con acero de refuerzo.

- Suele ser muy resistente ante altas presiones.
- Es inmune a la corrosión.
- Su desventaja es que comercialmente no existen piezas especiales.

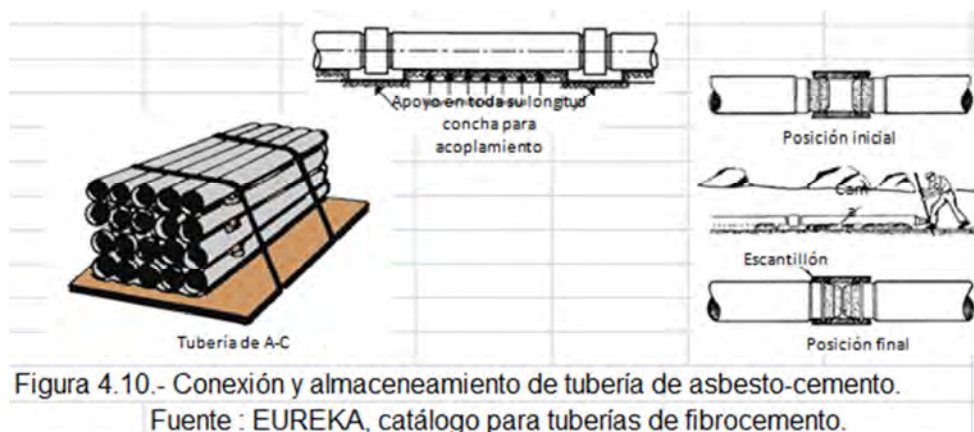


Figura 4.10.- Conexión y almacenamiento de tubería de asbesto-cemento.

Fuente : EUREKA, catálogo para tuberías de fibrocemento.

4.3.4.- Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC).

Es un material plástico sintético creado y producido por el hombre, esta clasificado entre los termoplásticos, arriba de cierta temperatura se transforma en una masa moldeable, a la que se puede dar forma. Está compuesta de resina de PVC, lubricantes, plastificadores, aditivos y modificadores (nota: en las tablas 4.2. y 4.3. de tuberías hacen falta diámetros). A continuación se muestran las ventajas y desventajas de este tipo de tubería.

Ventajas:

- Pesa la mitad del peso de una tubería de aluminio y la quinta parte de una de acero, eso trae consigo ahorro en transporte y mano de obra.
- Es muy flexible, esto le permite un buen comportamiento contra esfuerzos producidos por sobrepresión.
- Las paredes lisas reducen incrustaciones y pérdidas por fricción además de no alterar las propiedades físicas del agua.
- Es muy fácil encontrar piezas especiales y tuberías para dicho producto, es muy común colocar solo tuberías de este material en conducciones y redes de distribución.

Desventajas:

- A temperaturas menores de 0° reduce su resistencia al impacto y a temperaturas mayores de 25° se debe reducir la presión de trabajo.
- No debe exponerse a periodos prolongados a los rayos solares ya que se cristaliza.

Comercialmente las tuberías forjadas con este material se encuentran en dos tipos de presentaciones, descritas enseguida.

Línea métrica:

Esta presentación de tubería fue diseñada basándose en los parámetros del SI (Sistema Internacional de Medidas). Esta integrada por 13 diámetros (Ver Tabla 4.2.) y 5 diferentes espesores que se conocen como clases que se caracterizan por sus medidas en milímetros (Ver Tabla 4.4.), la conexión entre tubos se realiza por medio del sistema de espiga-campana y un anillo de hule (Ver Fig.4.11.).

Línea inglesa:

Esta presentación de tubería fue diseñada basándose en los parámetros del sistema inglés de medidas, se fabrican en 11 diámetros (Ver Tabla 4.3.), y 5 calibres (Ver Tabla 4.4.) que se basa en la relación de diámetro exterior y espesor mínimo de pared (RD), lo anterior determina la presión de trabajo a la que es sometida, se caracteriza por clasificar las medidas en pulgadas. La conexión de tubos se puede hacer por medio de espiga-campana (Ver Fig.4.11.) y el sistema cementado.

Diámetro Externo(mm)	Diámetro Externo(pulg)	Clase 5		Clase 7		Clase 10		Clase 14		Clase 20	
		e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)
50	1 31/32	-	-	-	-	-	46,1	2,6	44,9	3,7	42,7
63	2 12/25	-	-	1,7	59,7	2,4	58,3	3,3	56,5	4,5	54,1
80	3 3/20	1,7	76,8	2,2	75,8	3,1	74	4,1	72	5,8	68,6
100	3 15/16	2	96,2	2,7	94,8	3,8	92,6	5,2	89,8	7,2	85,8
160	6 3/10	3,1	154	4,2	151,8	5,9	148,4	8,1	144	11,4	137,4
200	7 7/8	3,8	192,6	5,3	189,6	7,4	185,4	10,1	180	14,1	172
250	9 16/19	4,7	240,9	6,5	237,3	9,2	231,9	12,6	225,1	17,7	214,9

Tabla 4.2.- Tipos de Tubería de PVC (policloruro de vinilo) Sistema métrico.

Fuente: Accesorios para Tubería y Líneas de Riego ARFI

Nota: faltan algunas dimensiones

Diametro Nominal		RD 41		RD 32,5		RD 26		RD 21		RD 13,5	
mm	pulg	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)	e(mm)	d(mm)
12,7	1/2	0,326	13,35	0,416	13,53	0,53	13,76	0,67	14,04	1,10	14,909
19,1	3/4	0,488	20,03	0,625	20,30	0,79	20,64	1,00	21,06	1,66	22,363
25,4	1	0,651	26,70	0,833	27,07	1,06	27,52	1,34	28,07	2,21	29,817
31,8	1 1/4	0,814	33,38	1,041	33,83	1,32	34,40	1,67	35,09	2,76	37,272
38,1	1 1/2	0,977	40,05	1,249	40,60	1,59	41,28	2,01	42,11	3,31	44,726
50,8	2	1,303	53,41	1,666	54,13	2,12	55,03	2,67	56,15	4,42	59,635
63,5	2 1/2	1,628	66,76	2,082	67,66	2,65	68,79	3,34	70,18	5,52	74,543
76,2	3	1,954	80,11	2,498	81,20	3,18	82,55	4,01	84,22	6,63	89,452
101,6	4	2,605	106,81	3,331	108,26	4,23	110,07	5,35	112,29	8,83	119,270
152,4	6	3,908	160,22	4,997	162,39	6,35	165,10	8,02	168,44	13,25	178,904
203,2	8	5,210	213,62	6,662	216,52	8,47	220,13	10,69	224,59	17,67	238,539
254,0	10	6,513	267,03	8,328	270,66	10,583	275,167	13,75	280,000	22,087	298,174

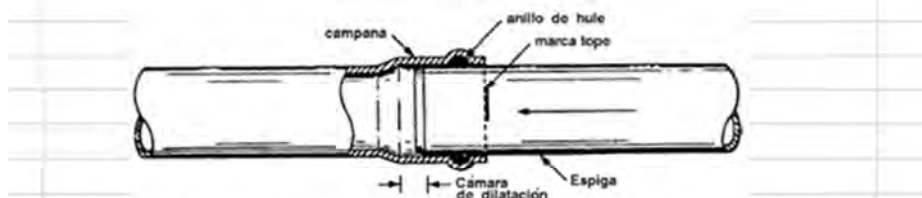
Tabla 4.3.- Tipos de Tubería de PVC (policloruro de vinilo) Sistema inglés.

Fuente: Accesorios para Tubería y Líneas de Riego ARFI

Linea métrica		Linea inglesa	
Clase	Presión de trabajo kg/cm ²	RD	Presión de trabajo kg/cm ²
5	5	13,5	22,4
7	7	21	14
10	10	26	11,2
14	14	32,5	8,9
20	20	41	7

Tabla 4.4.- Resistencia a la presión de trabajo de tubería de acuerdo a cada sistema

Fuente: Accesorios para Tubería y Líneas de Riego ARFI

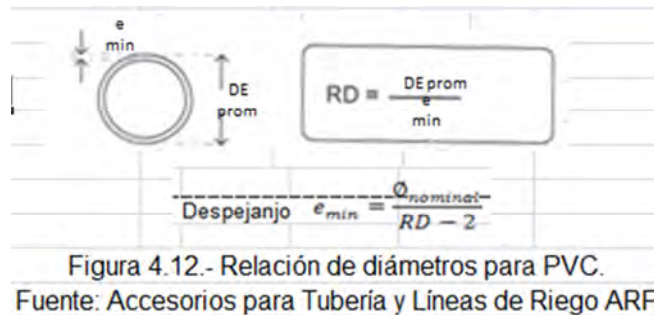


Colocación de las campanas con respecto al flujo del agua en los tubos de PVC.

Figura 4.11.- Conexión Espiga-Campana típico en tubería de PVC.

Fuente: Accesorios para Tubería y Líneas de Riego ARFI

Relación de diámetros: este parámetro expresa las dimensiones de una clase o calibre de tubería (sistema inglés de medidas), ya que dicha relación indica el espesor necesario para resistir la presión de trabajo a que se somete el conducto, basado en sus propiedades mecánicas. Para una mejor concepción de esta relación, se presenta la siguiente figura.



4.3.5.- Zanjas para la instalación de líneas de conducción.

Las zanjas son excavaciones utilizadas para la colocación de tubos utilizados para la conducción de agua potable, de agua residual, y en algunos casos líneas de teléfono, líneas de gas y líneas eléctricas. En cualquiera de los casos, dichas zanjas se realizan con el fin de proteger las conducciones del intemperismo y algunos agentes externos que pudieran dañarla como roedores e insectos, ya que cierta clase de material con el que son forjadas las tuberías, son vulnerables al exponerse a estos.

En el caso de líneas de conducción de agua potable. De acuerdo con la CNA (1997), la profundidad y el ancho de las zanjas así como algunas recomendaciones de relleno que se muestran en la fig. 4.13. y tabla 4.5. para la colocación de tuberías. También se menciona que el tipo de material de excavaciones es el siguiente.

Tipo A: es aquel tipo de material que debido a su consistencia y nivel de dureza es posible aflojar, extraer y cargar por medio de herramientas manuales (pico, pala, carretilla).

Tipo B: es aquel tipo de material que debido a su consistencia y nivel de dureza es posible aflojar, extraer y cargar por medios mecánicos (excavadora, tractor o arado).

Tipo C: es aquel tipo de material que debido a su consistencia y nivel de dureza es posible aflojar, extraer y cargar por medios mecánicos especiales (maquinaria con martillo hidráulico, o cualquier equipo apto para demoler) y explosivos como TNT.

Los rellenos para las zanjas deben ser:

Plantilla o cama: debe ser de material de banco y granulometría fina libre de arcillas y limos.

Relleno compactado o acostillado: debe ser material granular de banco con finos libres de arcillas o limos compactados en capas no mayores a 15 cm de espesor o cualquier material que proporcione resistencia a las tuberías.

Relleno a volteo: de acuerdo a la zona donde se excava la zanja deberá ser esta capa, en el caso de una vialidad con tránsito bajo se coloca el desperdicio de la excavación libre de piedras, arcillas y materia orgánica, en caso contrario se coloca el material que se use para el acostillado en esta capa.



4.3.6.- Atraques.

Los atraques son piezas hechas de concreto armado que se acoplan a la tubería y en zanjas se usan para fijar los cambios de dirección con el fin de evitar que la línea se mueva a causa de las altas presiones ejercidas por el agua contra aditamentos y piezas especiales que cambian el régimen del fluido o la dirección del mismo, ya que dicha presión puede llegar a ser de varias toneladas.

Recomienda CNA (1994), que antes de colocar los atraques a la tubería esta debe estar completamente alineada y nivelada. El concreto utilizado para estos generalmente es de un F'c de 150Kg/cm² o 200Kg/cm². En el caso de atraques bajo tierra la colocación se explica en la tabla 4.6. y Fig. 4.14. En casos necesarios si la tubería se encuentra a cielo abierto se deberá realizar un cálculo para conocer la separación de atraques, para dicho análisis la tubería se revisa como una viga simplemente apoyada a la que se somete las carga de diseño.

CAPÍTULO 5

NORMATIVIDAD DE ANÁLISIS, DISEÑO Y COSTO PARA UNA LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO.

El capítulo que a continuación se desarrolla, enuncia a fondo los cálculos necesarios para analizar, diseñar y desarrollar un presupuesto base para una línea de conducción por bombeo, ya que principalmente se busca con esta investigación dar una solución que demuestre ser adecuada y así como dar una idea o referencia del costo de la misma.

5.1.- Predimensionamiento de tuberías, Criterio de Bresse.

Es necesario conocer toda la geometría del conducto para comenzar el análisis. El diámetro en todos los casos es el que produce más variantes de diseño, el cual está limitado por la economía, que en realidad es lo que predispone a un proyecto a realizarse, tanto en el monto de la inversión como en la etapa de operación y mantenimiento (Gilberto Sótelo; 1974:367).

Para tales fines se propone la fórmula de Bresse válida en la operación de bombes continuos que sería igual a tomar una velocidad media económica.

$$\phi = K\sqrt{Q}$$

Donde: ϕ = diámetro económico (m).

K = coeficiente de Bresse que equivale a 1.2

Q = gasto de diseño (m^3/s).

Se debe tomar en cuenta las velocidades permisibles

Velocidades permisibles en tuberías:

De acuerdo a Gilberto Sótelo Ávila en su libro “Hidráulica General” (1997), este parámetro es utilizado de tal manera que una conducción no presente sedimentación de partículas ni desgaste de las paredes internas del conducto, en la tabla 5.1. Se presentan los rangos de velocidades para casos típicos de conducciones cerradas.

Trabajo que Realiza la Tubería		Velocidad permisible
		m/seg
Tuberías de succión en bombas centrífugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, y Temperatura del agua (<70°)		0,5 a 1,0
Tuberías de descarga en bombas		1,5 a 2,0
Redes de Distribución para agua potable e industrial	Tuberías principales	1 a 2
	Tuberías laterales	0,5 a 0,7
	Tuberías muy largas	1,5 a 3,0
Tuberías en instalaciones hidroeléctricas con turbinas.		2 a 4
Con inclinacion y diametro pequeño		3,6 a 8
Con inclinacion y diametro grande		1 a 3
Horizontales y gran longitud		

Tabla 5.1.- Velocidades Permisibles en Tuberías Según Richter.

Fuente: Sótelo, (1997).

5.2.- Ecuación de la energía.

De acuerdo con Ranald V. Giles en su libro “Mecánica de los Fluidos e Hidráulica” (1969), se indica que la ecuación de la energía es una consecuencia del principio de conservación de la masa para un flujo permanente fluyendo a través de

una sección cualquiera por unidad de tiempo, es constante. Y en la cual actúan las siguientes variables acumulativas (Ver Fig. 5.1.).



1) Análisis de carga de posición (Z1 – Z2):

Se obtiene de la diferencia de elevaciones topográficas entre la salida del conducto y el punto que se está analizando.

2) Análisis de carga de velocidad ($V^2/2g$):

Se obtiene de la relación que se obtiene de la velocidad con la gravedad lo cual genera una carga piezométrica.

3) Análisis de pérdidas por fricción y locales:

Las pérdidas por fricción se obtienen del análisis que provoca el efecto entre la rugosidad de la pared del tubo y la viscosidad del agua el cual genera una carga opuesta al movimiento, por otro lado los accesorios generan pérdidas de energía, se

debe principalmente al trabajo que estos realizan en una conducción aunque en una magnitud menor. Por lo tanto la energía inicial que se tiene en la entrada no será la misma en el punto de salida, es decir, será menor. Ver apartado de pérdidas en líneas de descarga.

5.2.1.- Criterios para el cálculo de la presión actuante por bombeo.

Para diseñar una tubería con este criterio es necesario conocer las presiones a las que se verá sometida la línea de conducción, entre ellas la carga ejercida por el desnivel topográfico, carga de velocidad y pérdidas totales, o bien a obtener el valor de la ecuación de la energía, dichas cargas se deberán sumar y comparar con la presión resistente del conducto que se colocará (Ver Fig. 5.1.), la resistencia se obtiene de los folletos de proveedores de tuberías (Ver apartado de tipos de tubería Cap. 4).

5.2.2.- Cálculo de pérdidas por fricción y locales para líneas de descarga.

El término pérdidas hace referencia a la cantidad de presión o energía dispersada debido al roce entre el agua y los conductos, así como, la obstrucción que provocan las piezas especiales, válvulas y piezas de seguridad al realizar su función en las conducciones.

Cálculo de Pérdidas por fricción.

Según Manning: $hf = kLQ^2$ Donde:

K = es el factor de pérdidas de acuerdo a Manning y se obtiene:

$$k = \frac{10.293(n)^2}{\phi^3}$$

n=rugosidad de la tubería de acuerdo a manning (Tabla 5.7.).

ϕ =diámetro interior del conducto (m).

L=longitud total del conducto (m).

Q=gasto de diseño (m³/s).

MATERIAL	COEFICIENTE (n)
Asbesto - Cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Concreto aspero	0.018
Concreto presforzado	0.012
Acero galvanizado	0.014
Hierro fundido	0.013
Acero soldado sin revestimiento	0.014
Acero soldado con revestimiento	0.011
Interior a base de epoxy	0.008
PVC (policloruro de vinilo)	0.009
Poliétileno de alta densidad	0.009

Tabla.5.2.- Coeficientes de rugosidad para la fórmula de manning (n)

Fuente:CNA, (1994).

Se deberá adicionar a la carga de trabajo en conducciones el valor siguiente para pérdidas locales, ya que las piezas especiales debido a la longitud de la conducción no generan grandes pérdidas.

$$h_l = 5\% h_f$$

Las unidades de las pérdidas se miden en altura piezométrica (m.c.a.).

5.3.- Fenómenos transitorios en tuberías.

Menciona Ranald V. Giles en su libro “Mecánica de Fluidos e Hidráulica” (1969), que los fenómenos a los que se hacen llamar transitorios, son aquellos que se manifiestan en un fluido en estado de movimiento y en una etapa de transición de este mismo. En el caso de una tubería es el golpe de ariete.

5.3.1.- Golpe de ariete (sobrepresión y depresión).

De acuerdo a Giles (1969), el golpe de ariete es un término que se utiliza para describir el choque producido por una rápida disminución de la velocidad del agua en estado de movimiento, esto se debe a la apertura o cierre bruscos de una válvula en una tubería, así como, un paro repentino de una bomba hidráulica. La onda de choque genera una sobrepresión o subpresión según sea el caso, ésta se desplaza aguas arriba de la tubería provocándole una tendencia de expansión o aplastamiento al conducto que contiene el líquido. Este fenómeno depende de la longitud de la tubería y de la celeridad de onda, (velocidad del sonido dentro del agua) dicha celeridad es proporcional a la elasticidad de la línea de conducción.

5.3.2.- Criterios para el cálculo de la presión debida a golpe de ariete.

Fórmula para el tiempo de llegada de la onda, Mancebo del Castillo (1987):

$$T = 1 + \frac{k LV}{g Hm} \quad \text{Donde:}$$

T=tiempo de llegada de onda (seg).

k= coeficiente que depende de la longitud de conducción

Si $L > 1500$ m $k=1$, $L < 1500$ m $k=2$, si $500 < L < 1500$ m $k=1.5$

g=aceleración de la gravedad (m/s^2).

Hm=Altura manométrica (m.c.a).

Fórmula para celeridad de onda (CNA: 1997).

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{E_{vw} * \phi}{E_e * e}}} \quad \text{Donde:}$$

a = celeridad de onda, o velocidad de llegada de onda (m/s).

α_0 = Velocidad del sonido dentro del agua (1425 m/s o 1440 m/s).

E_{vw} =Módulo volumétrico de elasticidad del líquido (kg/cm²).

E_e =Módulo de elasticidad del tubo (kg/cm²).

e = Espesor del tubo (cm).

ϕ = Diámetro interior del tubo.

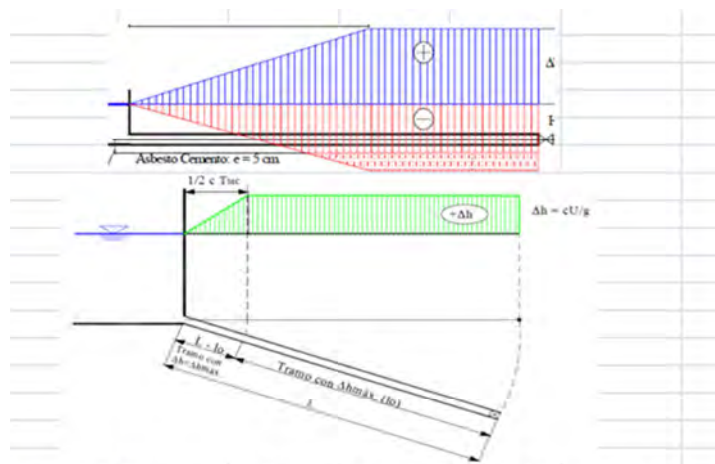


Figura 5.2.-Diagrama de Golpe de Ariete criterio de Allievi(cierre brusco).
Fuente: Luis E. Pérez Farrás, (2000).

Fórmula de Joukovsky para el tiempo de cierre (César 1990:148).

$$T = \frac{2L}{a} \quad \text{Donde:}$$

T = tiempo de cierre de una válvula (seg).

L = longitud de desarrollo de onda (m), despejar este término.

a = celeridad de onda, o velocidad de llegada de onda (m/s).

Criterio de Allievi para onda larga (Despejar la fórmula de Joukovsky).

Si $\frac{aT}{2} < L$ la onda se considera corta o cierre brusco.

La presión de golpe de ariete se calcula (ver Fig.5.2.).

$$hg = \frac{aV}{g} \quad \text{Donde:}$$

hg=altura por presión de golpe de ariete (m.c.a).

V= velocidad media hidráulica (m/s).

g=aceleración de la gravedad (m/s²).

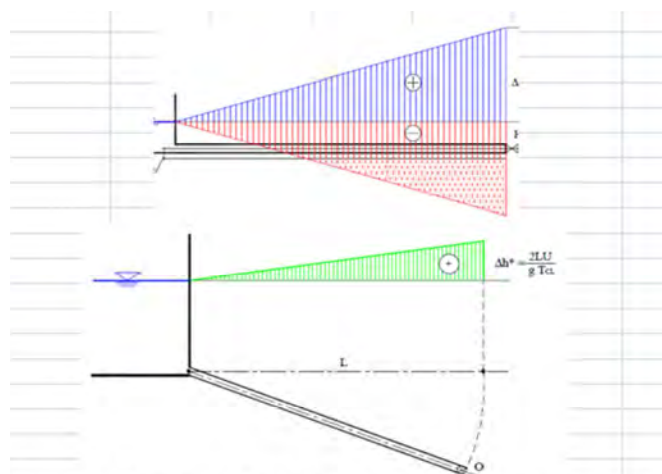


Figura 5.3.- Diagrama de Golpe de Ariete criterio de Michaud (cierre lento).
Fuente: Luis E. Pérez Farrás, (2000).

Criterio de Michaud para onda corta (Despejar la fórmula de Joukovsky).

Si $\frac{aT}{2} > L$ la onda se considera larga o cierre lento.

La presión de golpe de ariete se calcula (ver Fig. 5.3).

$$hg = \frac{2LV}{gT} \quad \text{Donde:}$$

hg=altura por presión de golpe de ariete (m.c.a).

V= velocidad media hidráulica (m/s).

Se adiciona y sustrae a la carga de posición o desnivel topográfico, el resultado de la adición es la sobrepresión y la sustracción es el resultado de la subpresión, De acuerdo a la CNA (1997), la sobrepresión no deberá ser mayor a la resistencia de la tubería (presión resistente), en el caso de serlo se deberá colocar

un dispositivo contra golpe de ariete (ver capítulo 4 en el subtema de dispositivos contra golpe de ariete) y la subpresión o línea de subpresión no deberá ser menor a la línea de terreno natural por que causaría el colapso de la misma debido a la presión que ejerce el suelo en las paredes externas del conducto.

5.3.2.1.- Módulo volumétrico de elasticidad.

Menciona Uriel Mancebo del Castillo en su libro “Teoría del Golpe de Ariete y sus Aplicaciones en Ingeniería Hidráulica” (1987), que es la relación de cambio de presión con respecto a la variación de volumen por unidad de volumen. En la Tabla 5.2. Se encuentran valores pertenecientes a algunos módulos volumétricos de elasticidad de líquidos que son entubados.

Líquido	Ev (kg/m ²)	Temperatura (Cº)
Agua Dulce	206700000	20
Agua Salada	238000000	15
Petróleo	210000000	15
Gasolina	142000000	15

Tabla 5.3.- Módulos de Elasticidad Volumétricos para algunos líquidos.
Fuente: Mancebo del Castillo, (1987).

5.3.2.2.- Módulo de elasticidad.

Este parámetro es utilizado para expresar la capacidad de un material para resistir un esfuerzo, el cual no amenaza su estabilidad, es decir dicho material es capaz de regresar a su estado normal después de haber experimentado una deformación provocada por el esfuerzo antes mencionado (rango elástico). En la tabla 5.3. Se encuentran valores pertenecientes a algunos módulos de elasticidad de materiales típicos de tuberías.

Material	Et (kg/m ²)
Acero	21000000000
Asbesto-Cemento	3280000000
P.V.C.	293000000
Fierro Fundido	9300000000
Cobre	13000000000
Bronce	10500000000
Latón	10500000000
Concreto Simple	1250000000
Aluminio	7200000000
Madera	700000000
Hule	350000000
Vidrio	7000000000

Tabla 5.4.- Módulos de Elasticidad (Young) para algunos Materiales.

Fuente: Mancebo del Castillo, (1987).

5.3.3.- Cálculo de la presión de golpe de ariete para líneas de conducción con diferentes tuberías.

Menciona Humberto Gardea Villegas en su libro “Aprovechamientos Hidroeléctricos y de Bombeo” (1992), que cuando existen tuberías heterogéneas es posible calcular una celeridad para cada tramo individualmente ya que varía en aumento de dicha presión, alrededor de 3% o 5%.

La fórmula para la cual es útil este criterio es la siguiente:

$$a_m = \frac{L}{\sum_i^n \left(\frac{L_i}{a_i} \right)}$$

a_m = celeridad media(m/s).

L =longitud total de la conducción (m).

L_i =longitud de cada tramo (m).

a_i = celeridad de cada tramo (m/s).

Dicha fórmula se basa en la relación Longitud-celeridad de cada tramo y la total. Se deben tomar las mismas recomendaciones para diseño por golpe de ariete, la diferencia solo se encuentra en la manera de calcular el Golpe.

Nota: para encontrar el valor de la presión actuante en un punto cualquiera es necesario usar el método de interpolaciones o regla de tres.

5.4.- Diseño de equipos de bombeo.

Los equipos de bombeo requieren de un diseño especial para su buen funcionamiento, para lo cual es necesario tomar en cuenta los fenómenos transitorios que se presentan en las mismas, así como, las cargas de trabajo y las características del lugar donde se encuentra, a continuación se presenta la forma como funcionan dichas turbo-máquinas.

5.4.1.- Funcionamiento básico de una bomba hidráulica.

Su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la fuerza centrífuga provocada por un impulsor dentro de una carcasa sometido a una velocidad radial, y que al girar provoca que el líquido tienda a moverse hacia el centro, que se ve reflejada en una carga de velocidad o energía por medio de alabes estacionarios que giran para provocar un movimiento, este fenómeno genera una serie de curvas que describen el funcionamiento de un equipo con un solo alabe o impulsor sometido a una carga ideal de trabajo (ver figura 5.7.).

Curvas características: basado a la explicación anterior, cualquier bomba hidráulica tiene para una cierta velocidad y diámetro de impulsor las cuales tienen un punto de máxima operación el cual es la intersección de la línea en la curva de cada impulsor y este punto es donde la máxima eficiencia se presenta para cada sistema de equipo, esto genera una serie de curvas (gráficas) para su funcionamiento, desarrolladas de acuerdo a las necesidades del fabricante (se utilizan las de BOMBAS VERTICALES BNJ en el diseño de este equipo). También llamadas curvas de Carga-Capacidad-Potencia-Eficiencia-NPSH_R (Ver Fig. 5.7.).

De acuerdo con la CNA (1996), los pasos para usar dichas curvas (gráficas), son los siguientes:

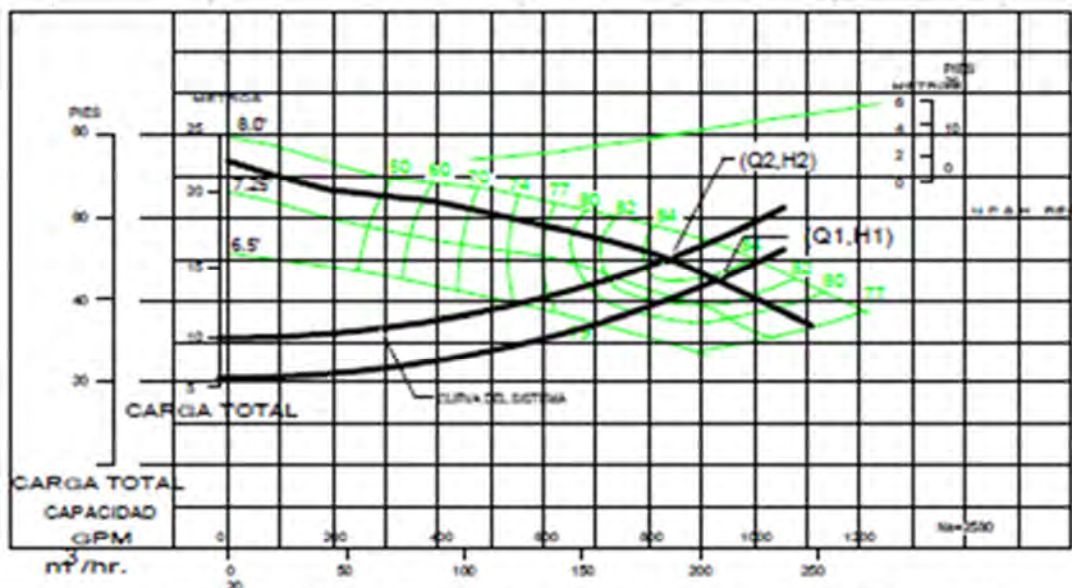


Figura 5.4. Curvas características para Bombas Hidráulicas.
(Carga-Capacidad-Potencia-Eficiencia-NPSH).

Fuente: CNA, (1996).

- 1) Se debe transformar el gasto de diseño de L.P.S a G.P.M y la carga piezométrica o altura manométrica de m.c.a. a ft.c.a.

- 2) Revisar la velocidad específica para tener una noción del tipo de flujo al que estará sometido el equipo electromecánico, de esta manera elegir el tipo de equipo y la gráfica adecuada en el catálogo (propela, mixta, turbina).
- 3) Con los datos anteriores se elige la gráfica adecuada. Una vez elegida se extraen los datos nominales del equipo que esta indica (ver figura 5.10) (Potencia, Eficiencia, Carga, Dimensión de tazón, Carga de Succión Positiva Neta y Sumergencia Mínima para evitar vórtices). En el caso de la potencia y la carga que genera, son datos para un impulsor

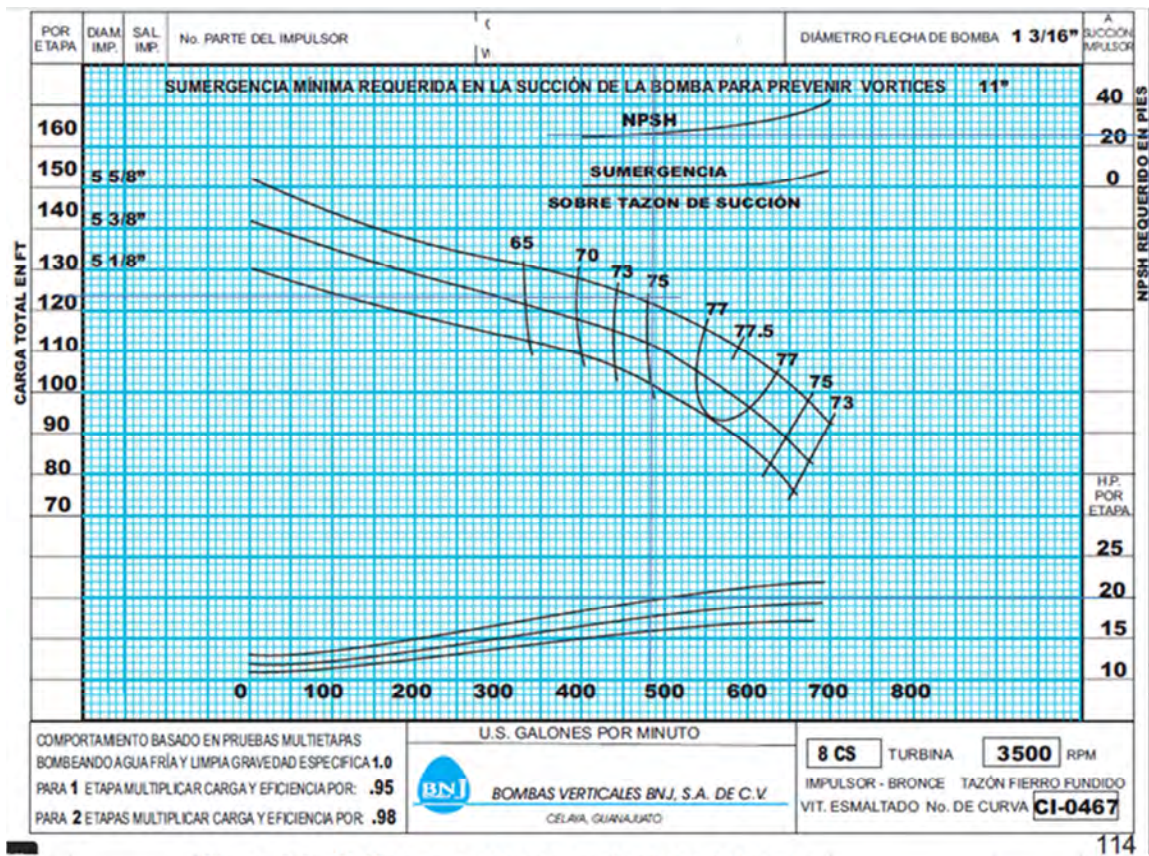


Figura 5.5.- Gráfica para obtener propiedades de bomba según el fabricante.

Fuente: Bombas Verticales BNJ

- 4) Se deberán calcular (basados en las recomendaciones anteriores) las condiciones a las que esta sometida el cárcamo con el equipo y comparar con los datos contenidos en la gráfica elegida.
- 5) Se deberán realizar repeticiones de cálculos hasta que los valores sean los adecuados para que el equipo trabaje lo más eficiente posible.
- 6) Ya concluidas las condiciones de trabajo eficientes se comienza el armado y colocación del equipo electromecánico, así como, el cálculo de las dimensiones del cárcamo que lo alojará (ver apartado 4.4.2. armado de bombas).

5.4.2.- Selección del equipo de bombeo.

Para la selección del equipo de bombeo es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros o condiciones del equipo de bombeo, para así seleccionar la curva de funcionamiento adecuada.

5.4.2.1- Altura manométrica (Hm).

Es el resultado de un salto brusco al gradiente hidráulico y el cual se le nombra Hm. Este valor es el total de carga hidráulica que se debe vencer para poder impulsar el agua a través del conducto, en el caso de bombeo este gradiente siempre es mayor que la carga total de elevación. También es llamada carga dinámica total, la cual expresa la energía que el equipo electromecánico debe dar al agua para vencer todas las pérdidas de energía que se presenten.

Para calcular este valor se utiliza la siguiente expresión (Descarga libre).

$$Hm = \frac{V^2}{2g} + hf + hl + ha + Z_i \quad \text{Donde: (ver figura 5.1.)}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Carga de velocidad (m.c.a.) } V = \text{velocidad media del agua}$$

$$ha = \text{Altura de aspiración (m.c.a.)}$$

$$Z_i = TN_{\text{succión}} - H_{\text{descarga}} = \text{Desnivel topográfico (m.c.a.)}$$

5.4.2.2.- Velocidad Específica.

Es un parámetro para identificar el tipo de bomba requerida sea cual sea el caso que se esté analizando. Y es la velocidad de un rodete con un diámetro de tales dimensiones que pueda desarrollar un caballo de vapor de potencia para una altura de 1 m.c.a. (Giles 1969:226) La formula es:

$$N_s = \frac{N_R * \sqrt{Qmd}}{Hm^{3/4}}$$

Donde:

Ns= Velocidad Específica (adim).

Nr=Velocidad Radial (RPM).

Q=Gasto (GPM).

H=Altura Manométrica (ft).

Clasificación de bombas según la Velocidad Específica desarrollada:

Menciona la CNA en el “Manual de diseño de instalaciones mecánicas” (1996), que los parámetros para designar el tipo de flujo que genera una bomba, son los siguientes.

Flujo radial la carga se considera arriba de 150 ft y N_s de 500 a 3000.

Flujo mixto la carga se considera de 40 a 150 ft y N_s de 3000 a 8000.

Flujo axial la carga se considera de 1 a 40 ft y N_s arriba de 8000.

5.4.2.3.- Potencia de trabajo.

Se define como “la cantidad de energía que debe generar en este caso un motor para poder vencer la altura piezométrica o de trabajo para el sistema de conducción” (Bombas Verticales BNJ 2000:9). Y la fórmula se expresa así:

$$H.P = \frac{\gamma * Q * H_m}{76 \eta} \quad \text{Potencia.} \quad \eta = \frac{\gamma * Q * H_m}{76 H.P} \quad \text{Eficiencia.}$$

Rendimiento Hidráulico: expresión o relación adimensional que define la potencia utilizada entre la potencia suministrada, también se llama factor de potencia, y es un indicador que expresa si el consumo requerido es adecuado.

Los rendimientos o eficiencia hidráulica se clasifican según el valor que resulte de dicho parámetro. En este caso se despeja de la fórmula de la potencia y el valor se compara con los parámetros establecidos en la Fig. 5.5. Que muestra la gráfica Carga-Capacidad-Potencia-Eficiencia-NPSH_R, ya que cada tipo o modelo de bomba tiene una máxima eficiencia definida por la carga a que se somete en prueba a cada impulsor y está registrada en cada curva de funcionamiento de la misma.

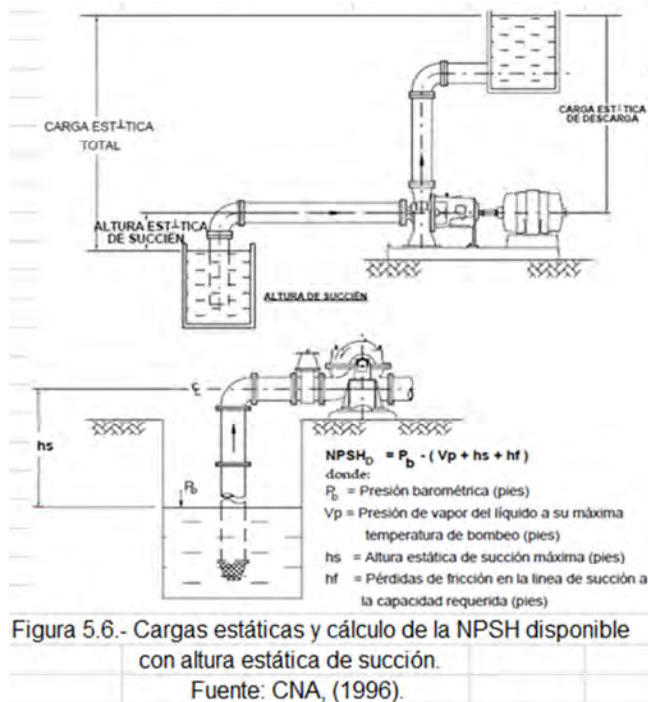
5.4.2.4- Fenómenos transitorios en bombas (Cavitación).

La cavitación es un fenómeno transitorio que se presenta dentro de los impulsores de la bomba, consiste en la reducción de presión del agua por debajo de la presión atmosférica debido al movimiento que producen los impulsores, dicha presión provoca que el agua llegue a su punto de ebullición a una temperatura cercana a los 30°C, lo cual genera una mezcla de agua y burbujas de vapor que se adhieren a las paredes de la carcasa, la presión requerida para adsorber dichas burbujas es tan alta que, no solo salen las burbujas, también salen fragmentos de la carcasa, provocando oquedades en la misma.

Para poder prevenir este fenómeno se desarrollo un par de parámetros que van en relación con la succión a la que se expone el equipo de bombeo dentro del cárcamo, los cuales, se menciona a continuación.

1) NPSH (Net Positive Suction Head):

En español se abrevia CSPN (Carga de Succión Positiva Neta). Para conocer este valor se debe realizar un cálculo con la siguiente expresión.



CPSN requerida = $H_A - H_S - H_V$ Donde:

H_A = Presión atmosférica del lugar—se calcula:

$$H_A = 10.33 - 0.00115 h \quad \text{Donde:}$$

10.33 es la presión del agua en m.c.a a nivel del mar

0.00115 es el peso específico relativo del aire.

h = elevación del lugar en m.s.n.m. (Figura 5.5.).

H_S = presión de succión —se calcula:

$$H_S = H_{ES} + h_s$$

H_{ES} = carga estática de succión (m.c.a).

$h_s = (h_f + h_l)$ = pérdidas en la succión (m.c.a).

H_V = presión de vaporización del agua (Tabla 5.5.).

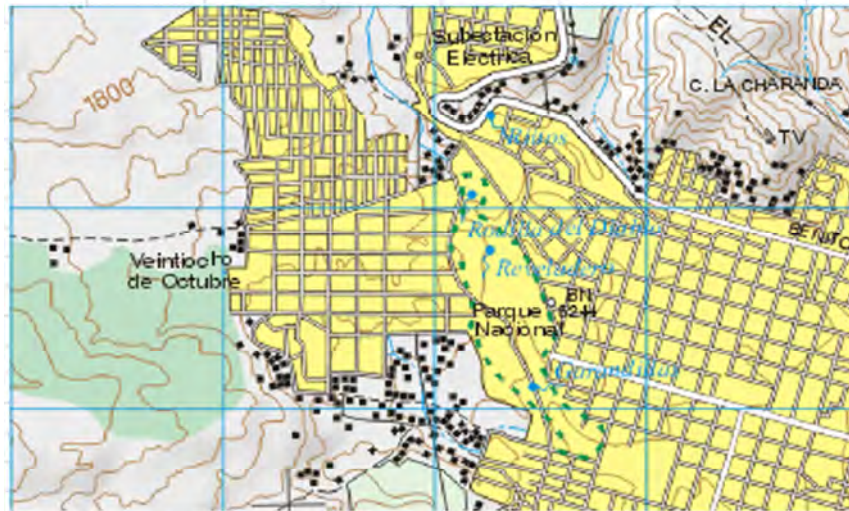


Figura 5.7.- Elevación o Altura Barométrica de captación (m.s.n.m).
Fuente : INEGI Carta Topográfica, Uruapan Mich. E13B39

Temperatura (C°)	Presión de Vaporización (m.c.a)
0	0,060
10	0,120
15	0,174
20	0,238
25	0,322
30	0,429
35	0,572
40	0,750
45	0,974
50	1,255
55	1,602
60	2,028
65	2,547
70	3,175
75	3,929
80	4,828
85	5,894
90	7,149
95	8,620
100	10,333

Tabla 5.5.- Presión de Vaporización del Agua de Acuerdo a la Temperatura(Hv).
Fuente: Mancebo del Castillo, (1987).

Pérdidas por fricción y locales para líneas de succión:

Según Darcy-Waisbach: $hf = f \frac{L}{\phi} \frac{v^2}{2g}$ Donde:

f = factor de pérdidas según Blasius (adim).

$f = \frac{0.3164}{Re^{\frac{1}{4}}}$ solo si $Re > 10^5$ Re = Número de Reynolds (adim).

$Re = \frac{V\phi}{\nu}$ ν = viscosidad cinemática del agua (m²/s) (Tabla 5.6.).

V= velocidad del agua dentro del conducto (m/s).

g =aceleración constante de la gravedad (9.81 m/s^2).

L = longitud de la tubería (m).

ϕ =diámetro interno de la tubería.

Temperatura Cº	Densidad relativa Adim.	Viscosidad Cinemática m ² /seg
5	1,000	1,520
10	1,000	1,308
15	0,999	1,142
20	0,998	1,007
25	0,997	0,897
30	0,995	0,804
35	0,993	0,727
40	0,991	0,661
50	0,990	0,556
65	0,980	0,442

Viscosidad Cinemática= (Valor Tabla) x 10^{-7}

Tabla 5.6.- Densidad Relativa y Viscosidad Cinemática del Agua.

Fuente: Ranald V. Giles, (1969).

Cálculo de las Pérdidas locales.

Fórmula general: $hl = K \frac{V^2}{2g}$ Donde:

K = es el factor de pérdidas por accesorio, válvula o pieza (Tabla 5.7.).

Las pérdidas locales de cada pieza se suman para obtener el valor K.	
$K_c = \sum_{n=1}^n K_1 + \dots + K_n$	
Pérdida de ampliación gradual	
$K = C_a \left[\frac{A_2}{A_1} - 1 \right]^2$	
$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$	
D_1 A_1	diametro y area de entrada de flujo.
D_2 A_2	diametro y area de salida de flujo.
C_a	ver graficas, obtener angulo y relacion de diametros de reducción para obtener dicho valor
Pérdida por rejilla	
$K = 1.45 - 0.45 \left(\frac{A_n}{A_b} \right) - \left(\frac{A_n}{A_b} \right)^2$ Formula de Creager	
A_n	Area neta por donde pasa el liquido atravez de la rejilla
A_b	Area bruta que tiene la rejilla.

Tabla 5.7.- Fórmulas de K para pérdidas locales,

Fuente: Sótelo, (1997).

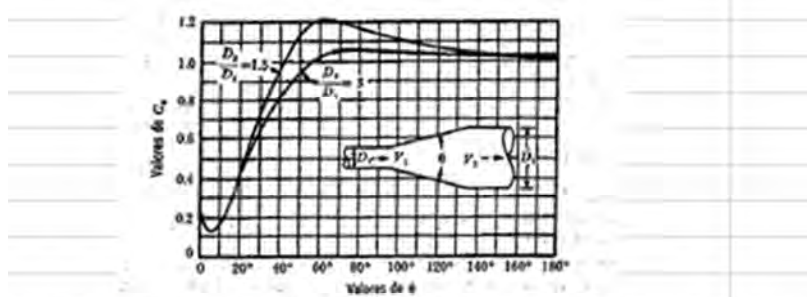
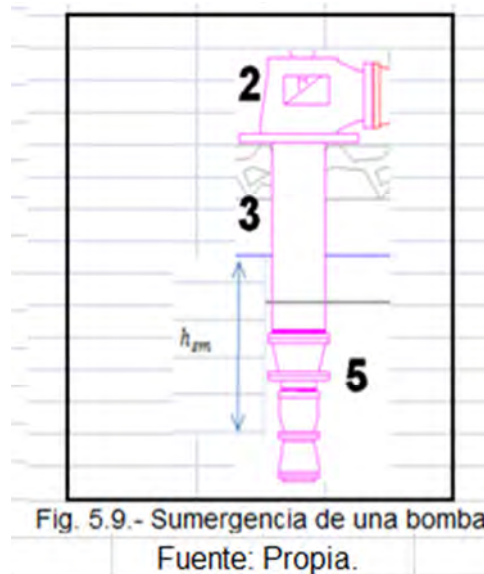


Figura 5.8.- Gráfica usada para valor C_a en ampliación gradual.
Fuente: Sótelo, (1997).

Las unidades de las pérdidas se miden en altura piezométrica (m.c.a.).

2) Sumergencia de una bomba.

Este parámetro de acuerdo a la CNA (1996), es el nivel del agua arriba del primer impulsor que debe mantenerse constante, o bien, al ahogamiento de los impulsores en el líquido que se bombea, la sumergencia se debe tomar en cuenta si se quiere evitar vórtices en el agua que está siendo bombeada. Los vórtices generan dentro del equipo una serie de vacíos (burbujas) que provocan una baja en el rendimiento del mismo, dicho parámetro se mide verticalmente (en metros), el dato lo deberá proporcionar el fabricante (Ver Fig.5.9.), en la figura siguiente se muestra la sumergencia.



5.5.- Cálculo del costo base de la propuesta de solución.

Una vez que se tiene elaborado técnicamente un proyecto, se debe también tomar en cuenta económicamente este mismo, es decir, el costo en recurso monetario. A continuación se realiza una explicación rápida sobre la elaboración general de un costo individual así como la elaboración de un presupuesto. Revisar capítulo 4 en costo directo e indirecto.

- 1) Descripción del concepto: en este apartado de un precio unitario se debe realizar una descripción concreta de las especificaciones que tiene cada concepto, es decir, que cada valor por unidad trabajada en el precio dado incluye el costo de cada una de las especificaciones descritas.
- 2) Clave: se utiliza para identificar de manera rápida un concepto ya que esto permite saber por medio de unos cuantos iconos o caracteres el concepto descrito, o bien, una búsqueda rápida de este ya que así se distingue cada

precio unitario, la clave debe contener letras números y signos que identifiquen la obra que se realiza (nombre, tipo obra, contratante, etc.), el número de concepto en un presupuesto particular (01, 02, 03) o cualquier designación que identifique de manera rápida un concepto.

- 3) Unidad: cada concepto debe indicar el parámetro de cuantificación del mismo, es decir, como se deberá realizar el conteo de cada concepto ya que algunos son medibles geoméricamente y otros son contables, todo se debe basar al tipo de especificación con que se elabora cada uno, así como, la manera más práctica de registrar la cuantificación (ml m^2 , m^3 , Pieza, Lote, etc.).
- 4) Cantidad: Es el número de unidades realizadas o que se deben realizar para concluir el concepto establecido
- 5) Precio unitario (P.U) cantidad monetaria total que cuesta realizar una unidad del concepto definido.
- 6) Subtotal: es el producto resultante entre la cantidad y el precio unitario de cada concepto.

Por último, cada subtotal de cada concepto se suma generando así un presupuesto base, es necesario tomar en cuenta el porcentaje del IVA el cual es acumulativo al presupuesto.

CLAVE	DESCRIPCION DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-001	Trazo ,Limpia y Nivelación topografica de conduccion de agua potable	MI	1606,3	5,10
			SUBTOTAL	\$8.192,13

Figura 5.11- Formato de concepto para presupuesto base.

Fuente: Catálogo de conceptos C.A.P.A.S.U.

CLAVE	DESCRIPCION DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-001	Trazo ,Limpia y Nivelación topografica de conduccion de agua potable	MI	1606,3	5,10
VOLUMEN GENERADOR:				
Longitud de pavimento por donde pasa la tubería enterrada.			SUBTOTAL	\$8.192,13
1606,30 M				

Figura 5.10.- Formato de concepto para presupuesto base.

Fuente: Catálogo de conceptos C.A.P.A.S.U.

Se da por concluido este capítulo el cual contiene lo relacionado al cálculo de la línea de conducción y bomba hidráulica, así como, la manera de hacer un presupuesto que genere en el lector una referencia de un costo ya que esto acerca a la realidad un proyecto sea cual sea su propósito y tamaño.

En el capítulo posterior se describe la metodología que fue usada para desarrollar el tema de tesis que se abordó en el contenido de la misma, ya que es necesario saber los métodos en los que fue basada la investigación, principalmente los cálculos y el marco teórico.

CAPÍTULO 6

METODOLOGÍA.

En este capítulo se describe la metodología que fue utilizada para el desarrollo de la tesis que se ha efectuado, la cual se basa esencialmente en el método científico, bajo un enfoque cuantitativo, siendo no experimental y transversal lo cual más adelante se explica.

6.1.- Método empleado.

Esta investigación se fundamenta en el método científico, el cual menciona Mario Tamayo y Tamayo (2000) en “El Proceso de la Investigación Científica”, que es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento, riguroso y de observación empírica. Además una investigación científica y un conocimiento científico, siempre llevan al método científico el cual consta de una serie de pasos definidos para descubrir nuevos, ya sea comprobar o disprobar la hipótesis de estos.

De acuerdo al objetivo que se desea lograr y tomando en cuenta lo planteado en las líneas del párrafo anterior, se tiene un conocimiento de un problema al cual se debe dar la mejor solución posible, por lo tanto, se deberá comprobar o disprobar la pregunta de investigación y el objetivo de la investigación para concluir lo mejor posible. Para la misma, se tiene un suceso específico tentativo que son las fugas de agua en la línea de conducción y solo se especula que el problema es el tiempo de

trabajo de la misma, ahora bien, es necesario verificar por medio de cálculos numéricos en base a teorías u investigaciones anteriores, observaciones, comparaciones con otras fuentes y el uso del razonamiento objetivo, si las especulaciones son realmente el problema o no y así cumplir lo planteado en la investigación con el conocimiento que se tiene y lo enunciado anteriormente.

6.1.1.- Método matemático.

Menciona Ángeles Mendieta Alatorre (2005) en “Métodos de Investigación y Manual Académico”, que una de las primeras nociones conceptuales que capta el ser humano, es la noción de cantidad; asimismo sin darse cuenta aplica un procedimiento científico, comparando cantidades para obtener nociones derivadas de importancia, valor económico y capacidad.

En tanto en este estudio se utiliza el método matemático del tipo cuantitativo, ya que cualquier investigación que requiera números de relación constante, hipótesis variadas, varias comprobaciones y además que se tomen en cuenta para afirmar o negar algo o alguna hipótesis.

La manera de analizar los datos proporcionados es por medio de fórmulas o algoritmos matemáticos que comprueban el funcionamiento del sistema de conducción por bombeo y equipo electromecánico, por lo tanto, el método usado es el matemático.

6.2.- Enfoque de la investigación.

El enfoque cuantitativo menciona Roberto Hernández Sampieri y Cols en, "Metodología de la investigación" (2003), ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de estos. Da una amplia posibilidad de replica, y un enfoque acerca de puntos específicos de los mismos y facilita la comparación entre otros estudios similares, también es ampliamente usada en las ciencias exactas debido a las ventajas de este.

La presente tesis fue enfocada de una manera cuantitativa, ya que el medio de obtener los datos es por las ciencias exactas, es decir, con fórmulas y algoritmos matemáticos y para su diseño se utilizaron normas probadas en sistemas similares.

6.2.1- Alcance de la investigación.

La investigación de tipo descriptivo busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice.

Los estudios descriptivos miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, desde el punto de vista científico.

"Se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así (vélgase la redundancia) describir lo que se investiga". (Hernández y Cols; 2003; 118).

Entonces, la investigación es descriptiva ya que se selecciona y mide una serie de problemas que aquejan a una línea de conducción y en base a cálculos para luego describir las partes que la conforman y los problemas que presenta.

6.3.- Diseño de la investigación.

La investigación no experimental de acuerdo con Hernández y Cols. (2003), clasifica de la manera siguiente, por la dimensión temporal así como el número de momentos o puntos en un parámetro o periodo de tiempo; en el cual o los cuales se recolectan datos, ya que se toma como referencia valores o datos que ya existen, los cuales no se modifican ni se pierde apreciación de su contenido. Y no se pueden manipular las variables.

La investigación no experimental se puede clasificar en dos: longitudinal y transversal o transeccional. Menciona Hernández y Cols. (2003), que el tipo transeccional o transversal se centra en analizar cual es el nivel, estado o presencia de una o diversas variables en un momento dado, evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo, y determinar o ubicar cual es la relación entre un conjunto de variables en un momento.

Analizando entonces se llega a la conclusión de que esta tesis es no experimental transeccional o transversal, ya que se buscan los resultados de la evaluación del estado de trabajo de un sistema de bombeo con datos del momento en que se tiene el problema para así poder generar una respuesta positiva, es decir,

no se realiza experimento, sino que se toman como aparecen en la realidad y reflejan un solo momento.

6.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Los instrumentos utilizados en esta investigación son los siguientes: registros obtenidos de la Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan que indican el número de tomas existentes en la zona de distribución (Departamento de Operación del Sistema), también valores de perfil y planta topográfica que ubican físicamente cada elemento de el sistema de bombeo (Departamento de Topografía), de la misma fuente se facilita el plano de las calles y colonias de la ciudad (Departamento de Proyectos) así mismo se obtienen los precios unitarios de cada concepto de obra para el presupuesto que se realiza (Departamento para Presupuestos de Obra), después se obtiene planos de referencia de obras civiles de Uruapan (Departamento de Obras), así como otras ejecuciones y proyecciones de obras (Subdirección Técnica). datos estadísticos y valores topográficas de la carta topográfica de Uruapan, también una serie de fuentes bibliográficas como son los lineamientos técnicos de la Comisión Nacional del Agua entre otros autores, de donde se extrajo una gran cantidad de datos, diseñadores de bombas hidráulicas, fabricantes de tuberías y piezas especiales, diseño de sistemas eléctricos etc.

En cuanto a los Software utilizados se mencionan, AutoCAD, Microsoft office WORD, EXCEL, PAINT, También ACROBAT RADER entre otros. El AutoCAD se utilizó para realizar el plano que indica la ubicación del sistema de bombeo tanto en perfil (desnivel topográfico) como en planta (poligonal abierta), cuadro de

construcción, armado de equipo electromecánico, simbología, especificaciones de excavación y tubería, en WORD se redacta el marco teórico y fundamentos de inicio para la tesis, en EXCEL se realizan cálculos para diseño, análisis y propuesta de solución, así como figuras de apoyo al marco teórico, y desde ACROBAT RADER son extraídas imágenes que sirven como anexos y colocadas en EXCEL para ajustarse hasta llegar al tamaño deseado.

6.5.- Población y Muestra.

De conformidad con Hernández y Cols (2003), la población o universo desde el enfoque cuantitativo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones, y una muestra es una parte de esta misma seleccionada aleatoriamente que debe ser representativa de la población es decir que sus características sean similares a las de el conjunto total.

En la presente tesis al conjunto que se llama población es el total de los habitantes de la colonia Rubén Jaramillo, 28 de octubre y 2 de mayo, debido a que ellas son abastecidas de agua potable por el sistema de bombeo Rubén Jaramillo dicha población se estima con el producto de un parámetro llamado índice de población por vivienda con el número de tomas registradas en estas. La muestra en esta investigación toma las mismas dimensiones de la población, ya que la misma es analizada en conjunto no en un subgrupo, y para fines de cálculo es necesario tomar en cuenta la totalidad de los habitantes.

6.6.- Descripción del proceso de investigación.

La recopilación de información se realizó de la manera siguiente, ya que el fin no es diseñar una conducción nueva sino sólo proponer una solución para una que ya existe, así se explica de una manera superficial cada uno de los conceptos, se comienza por obtener los datos de la población y el gasto de diseño, así como, las diferentes maneras de obtener este dato.

Enseguida se realizan estudios de tipo preliminar, y sólo se mencionan unos cuantos ya que esto no es el fin de la tesis, continuando, estos se usan para encontrar una captación de agua, también para conocer en general el terreno de cimentación del área de posible proyecto.

Después de esto se tratan las partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, que son Captación, Conducción Y Regularización, así también, las variedades de cada parte de dicho sistema.

Siguiendo con las partes individuales que conforma la conducción para el armado de estas (Piezas, Válvulas, Bomba, Tuberías). Y finalmente se da referencia a los diferentes cálculos que conforman el análisis numérico y diseño de la misma.

Este capítulo concluye describiendo la metodología usada, a continuación se desarrolla el capítulo que muestra los resultados de las variables por las cuales se inició este tema de tesis, también son mostradas las conclusiones generadas del análisis, diseño y propuesta de solución para el sistema de bombeo “Rubén Jaramillo” que da por concluida la investigación para demostrar y llegar a la conclusión deseada del problema que dio pie a esta investigación.

CAPÍTULO 7

CÁLCULOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Este capítulo contiene los cálculos para la propuesta de solución de la línea de conducción Rubén Jaramillo, mismos que ya fueron descritos en los capítulos anteriores y que forman parte del marco teórico de esta investigación.

7.1.- Localización de la conducción.

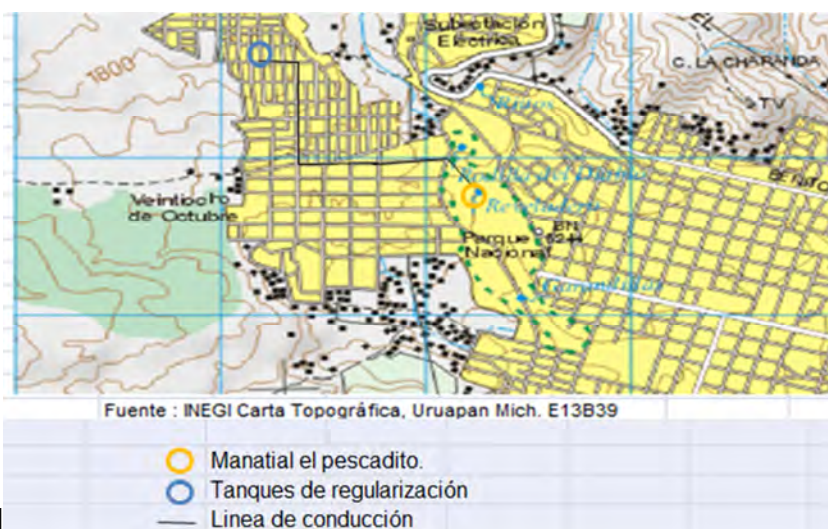
A continuación se presenta la ubicación de la línea de conducción Rubén Jaramillo, mismos datos que se usarán en cálculos posteriores.

Localidad: Uruapan, Michoacán, México.

Coordenadas: Latitud: 19° 20' y 19° 33' 49'' Norte

Longitud: 102° 00' y 102° 14' 2'' Oeste.

Altitud: 1600 y 1700 m.s.n.m.



Datos del manantial "el pescadito" fuente alimentadora:

Gasto en el año 1987: 1807 Lt/s.

Gasto actual: 500 Lt/s

De acuerdo a estos datos, el gasto es suficiente para la captación. Por lo tanto no hay problema de abastecimiento (30 lt/s)

Para más información ver Anexo C: Planta Topográfica y Perfil Topográfico.

7.2.- Datos de proyecto.

Para una línea de conducción es necesario usar el gasto máximo diario. El dato del gasto de esta conducción es proporcionado por C.A.P.A.S.U.

Gasto de diseño:

Qmd=	30	lt/s
-------------	-----------	-------------

Población, Dotación, Consumo:

Para obtener la población es necesario el número Tomas Registradas e Índice de población por vivienda. C.A.P.A.S.U. proporciona el número de tomas registradas para las colonias que abastece dicha conducción.

Ruben Jaramillo	1328	Tomas	I.N.E.G.I. proporciona para la ciudad de Uruapan en el censo 2005 un Índice de Población por Vivienda de 4,5		
28 de octubre	923	Tomas			
2 de mayo	235	Tomas			
$N^{\circ} \text{ Tomas Registradas} = \sum N^{\circ} \text{ Tomas}$					
N° Tomas registradas	2486	Tomas	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>I.P.V.</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">4,5</td> </tr> </table>	I.P.V.	4,5
I.P.V.	4,5				

$Población = N^{\circ} \text{ Tomas Registradas} * IVP$			
Población	2486	4,5	11187 Hab.

Ahora se calcula la dotación que se le abastece a cada habitante, para eso es necesario obtener el gasto medio, se debe usar el coeficiente de variación diaria ya que se tiene el gasto máximo diario como un dato, además se debe despejar el gasto medio ya que es el gasto que se requiere para obtener la dotación.

Gasto máximo diario 30	Coeficiente de Variación Diaria 1,44
$Q_m = Q_{md} / CVD$	
Qm	$= \frac{30}{1,44} = 20,833 \text{ lt/s}$

Para obtener la dotación es necesario despejar de la fórmula de gasto medio, la misma, del despeje resulta lo siguiente:

$$Dot. = (86400 \times Q_m) / Pob.$$

Para esta dotación, el consumo es el siguiente:

Dotación	$= \frac{86400 \times (20,833)}{11187} = 161 \text{ Lt/Hab/Dia}$
----------	--

Población de 15000 a 30000 Habitantes con clima templado. De acuerdo a los parámetros de dotación del capítulo 1 es adecuada, tomando en cuenta que la línea de conducción alcanzó el límite de diseño de proyecto, es decir, que ya no es posible ampliar la red de distribución para otras colonias. POR LO TANTO EL GASTO QUE ABASTECE ES SUFICIENTE.

7.3.- Estudios o Datos Preliminares (Referencia de Capítulo 2).

Para poder obtener los datos preliminares es necesario buscar en los archivos de dependencias de gobierno. Las investigaciones realizadas buscan saber las características de la zona de captación y la población abastecida, ya que así se propone un proyecto.

Geohidrología: el aprovechamiento de agua es superficial ya que es un manantial, esto se manifiesta por una corriente subterránea que sale a la superficie atravesando una roca fracturada (basáltica).

Geología: se compone de una gran cantidad de conos cineríticos (volcanes) y en el centro de la cuenca se localizan valles de origen volcánico, existen sedimentos de transporte por agua y depósito sobre la misma cuenca.

Geofísica: no se requirió dicho estudio debido a la naturaleza del manantial ya que un estudio de estos se realiza para localizar acuíferos.

Hidrología superficial: la cuenca recibe el nombre de Cupatitzio, se ubica en la región hidrológica N°18, tiene categoría de subcuenca exorreica, la precipitación media anual es de 1200 a 1500 mm y la temperatura media anual es de 18°C a 22°C, de acuerdo con INIFAP (2007).

Topografía: los niveles se consideran de la manera siguiente, la succión del cárcamo o Crucero1 = 289,51 elevación, la Fuente en la Descarga de la Bomba o Crucero 1 = 291,01 elevación, la Bifurcación (Terreno Natural) o Crucero 20 = 418,21 elevación, del tanque elevado en la descarga (nivel estático) (L.P.E.) = 433,21 elevación, en cuanto a las longitudes se tiene que en total son 1890,11 m de

estos 1606,3 m son de pvc o a-c el restante es de acero (dentro del parque nacional 253.80 m y dentro del predio de los tanques 30 m.

Para más información ver Anexo C: Perfil Topográfico y Planta Topográfica.

7.4.- Captación, Conducción y Regularización (Referencias del Capítulo 3).

Aquí se explica el conjunto de captación, conducción y regularización que constituye al sistema de abastecimiento "Rubén Jaramillo".

Tipo de Captación: Manantial con afloramiento vertical y represas.

Tipo de Conducción: Por bombeo con Tubería de Acero soldable y P.V.C. o A-C.

Tipo de Regularización: Tanque elevado fabricado con acero y Tanque superficial construido con mampostería.

7.5.- Cálculo de tubería propuesta (Referencia del Capítulo 5).

Como se mencionó en el marco de referencia de esta tesis sobre las condiciones de trabajo de la misma, el cálculo servirá para proponer una solución a los problemas de esta línea de conducción, para lo cual es necesario adaptarse a lo que se encuentra en campo, así pues C.A.P.A.S.U. proporciona el diámetro efectivo de la conducción, 6" y de acuerdo a como se vaya desarrollando el cálculo se puntualizarán los datos proporcionados por dicho organismo operador acerca del bombeo Rubén Jaramillo.

Predimensionamiento de tubería.

En este apartado se comprobará si el diámetro de la tubería es el adecuado para no presentar problemas de desgaste de paredes internas de la misma o sedimentación de partículas.

Se utilizará la fórmula de bresse para diámetro económico de la misma. Y el resultado se da en metros. El gasto ya se proporcionó y es de 30 lt/s o 0,03 m³/s.

Transformando el diámetro a pulgadas para saber el diámetro comercial tenemos que: 1" = 0.0254m.

$$\phi_{ec} = K\sqrt{Q}$$

$\phi_{ec}(m)$	$K(adim.)$	$Q_{md}(m^3/s)$
0,2078	1,2	0,03

$\phi_{ec} = \frac{0,2078}{0,0254} = 8,18''$
--

Por lo tanto el diámetro comercial tentativo es de 8", es necesario comprobar las velocidades que desarrolla dicho tubo para asegurar el valor que se obtuvo.

Se proponen los siguientes diámetros comerciales cercanos a 8" para comprobar velocidades permisibles y dar un resultado concreto: 10", 8", y 6".

Usando la fórmula del área de un círculo y despejando la velocidad de la ecuación de continuidad se tiene lo siguiente.

$\phi_{com}(inch)$	$\phi_{com}(m)$	$Q_{md}(m^3/s)$	$A(m^2) = \frac{(\pi \times \phi^2)}{4}$	$V(m/s) = \frac{Q}{A}$
6	0,1524	0,03	0,0182	1,6446
8	0,2032	0,03	0,0324	0,9251
10	0,2540	0,03	0,0507	0,5921

Observando los resultados obtenidos y comparándolos con los parámetros permisibles de velocidad se concluye que:

En tuberías de descarga la velocidad para evitar desgaste en las paredes de la misma y evitar sedimentación de partículas es: $1,5 \text{ m/s} < V_d < 2,0 \text{ m/s}$, la restricción solo se cumple con 6''.

En tuberías de succión la velocidad para evitar desgaste en las paredes de la misma y evitar sedimentación de partículas es: $0,5 \text{ m/s} < V_s < 1,0 \text{ m/s}$, la restricción solo se cumple con 8''.

POR LO TANTO, el diámetro de la tubería de conducción es el correcto. 6", suficiente para transportar el Qmd con que se diseña una tubería de conducción.

Para comprobar si el diámetro de la succión es adecuado se deberá calcular el equipo de bombeo, que posteriormente se realizará.

Cálculo de la presión actuante por bombeo:

Para calcular la línea piezométrica de dicha presión es necesario la siguiente fórmula (L.P.D. o línea de presión dinámica):

$$L.P.D. = \frac{V^2}{2g} + hf + hl + Z_i$$

Basando estos cálculos con lo descrito en el marco de referencia se propone usar en la zona donde va bajo tierra, tubería de PVC como propuesta, debido a que no se sabe con ciencia cierta de que material esta diseñada esta.

Para una mejor conceptualización de los cálculos necesarios se presenta el ANEXO A, donde se desglosan los resultados de los cálculos de la línea de presión dinámica.

COMO SE OBSERVÓ, LOS RESULTADOS DEL ANEXO A Y EL DISEÑO PROPUESTO SON ADECUADOS SOLO RESTA REVISAR ESTE DISEÑO CON EL CRITERIO DE GOLPE DE ARIETE, PARA PODER DAR UN RESULTADO SATISFACTORIO.

Cálculo de la presión por golpe de ariete.

Para calcular la línea piezométrica de dicha presión es necesario realizar los siguientes cálculos: La fórmula usada es la siguiente:

$$Hm = \frac{V^2}{2g} + hf + hl + ha + Z_i$$

A) Desnivel Topográfico (Zo).

Se obtiene restando los niveles de terreno natural que existe entre la captación y la regularización.

Nivel de la captación Crucero 1 =	291,01	ELEV
Nivel de la regularización Crucero 22 =	418,21	ELEV

$Z_0 = Z_{22} - Z_1$		
Z ₀ =	127,2000	M.C.A.

B) Carga Debido a Pérdidas por Fricción (hf).

Se obtienen usando la fórmula de Manning la cual dice así:

$$hf = kLQ^2 \quad \text{Donde K es:} \quad k = \frac{10.293(n)^2}{\phi^{16/3}}$$

Como la línea de conducción tiene tubería de Acero y PVC se calculan las pérdidas para cada tipo de tubería y luego se suman para tener así las pérdidas por fricción totales

	n	$\phi_{com}(m)$	K	L(M)	$Q_{md}(m^3/s)$	M.C.A.
$hf_{ac} =$	0,014	0,1524	45,9422	283,80	0,03	11,7346
$hf_{pvc} =$	0,009	0,1524	18,9863	1606,30	0,03	27,4479
			hf =	39,1825	M.C.A.	

C) Carga Debido a la Velocidad ($\frac{v^2}{2g}$).

Se obtienen usando la fórmula siguiente:

$$\frac{v^2}{2g}$$

$v_6^2/2g =$	$1,6446^2/$	$2g$	$0,1379$	M.C.A.
--------------	-------------	------	----------	---------------

D) Carga Debido a Pérdidas Locales (hl).

Se obtienen multiplicando el 5% de las pérdidas por fricción.

$$hl = 5\% hf$$

hl =	1,9591	M.C.A.
------	--------	---------------

E) Carga Debida al Nivel del Cárcamo (ha).

Este valor fue propuesto, pertenece a la altura entre el eje central de la tubería de descarga y el nivel del agua dentro del cárcamo pero no necesariamente es este.

ha =	1,5000	M.C.A.
------	--------	--------

F) Carga Debida a la Altura del Tanque Elevado (ht).

Este valor, se cuenta desde el nivel de terreno natural donde esta cimentado dicho tanque, hasta el nivel de la tubería de descarga la cual esta en la parte más alta.

ht =	15,0000	M.C.A.
------	---------	--------

G) Carga Debida al Nivel Dinámico de Succión (ND).

Este valor pertenece a la altura entre el eje central de la tubería y la altura aspiración de un pozo profundo, en este caso es un cárcamo por lo que su valor será:

ND =	0,0000	M.C.A.
------	--------	--------

Tiempo de Llegada de la Onda.

Es el tiempo que le tomaría a la onda de presión llegar a su gradiente máximo.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$T = 1,0000 + \frac{[1,0000] [1890,100] [1,645]}{[9,8] [184,979]} = 2,713 \text{ seg}$
--

Celeridad o Propagación de Onda.

Para calcular la línea piezométrica de dicha presión son necesarias las siguientes fórmulas (L.P.G.A o línea de presión por golpe de ariete): (VER ANEXO A Y B).

$$\alpha = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{E_{pw} * \emptyset}{E_s * e}}} \quad a_m = \frac{L}{\sum_i^n \left(\frac{L_i}{a_i} \right)}$$

La fórmula del lado derecho se usa cuando las tuberías son heterogéneas ya que este cálculo se basa en lo posible con lo existente en campo. Por lo que se presenta el ANEXO B para demostrar que la propuesta es la adecuada.

COMO SE OBSERVÓ, LOS RESULTADOS DEL ANEXO B Y EL DISEÑO PROPUESTO SON ADECUADOS PARA GOLPE DE ARIETE YA QUE LA PRESION QUE GENERA LA LÍNEA PIEZOMÉTRICA DESARROLLADA POR ESTA, ES MENOR A LA DE PRESIÓN POR TRABAJO DE BOMBEO, POR LO QUE SE LLEGA A LA SIGUIENTE CONCLUSIÓN: LA GEOMETRÍA PARA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN ES ADECUADA NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA DE TRABAJO, POR LO TANTO SE DEJA TAL Y COMO SE PROPUSO.

PARA MÁS INFORMACIÓN VER ANEXO C.

Para saber el armado de la línea de conducción es necesario ver: ANEXO C, en simbología, tipos de simbología, detalles de cruceros, atraques, excavación, perfil topográfico y planta topográfica.

7.6.- Cálculo del Equipo Electromecánico Propuesto (Referencia del Capítulo 5).

Para su cálculo se utilizan los parámetros establecidos por Bombas Verticales BNJ, que se presentan a continuación:

Selección del equipo de bombeo.

Para la selección de dicho equipo es necesario transformar los valores al sistema inglés de medidas ya que las gráficas mencionan los valores de cada equipo en el mismo. Los parámetros utilizados, y los cuales mencionan las gráficas de funcionamiento son los siguientes:

1) Altura Manométrica (Hm).

Este parámetro ya se calculó anteriormente y el valor es el siguiente:

$Hm = \frac{v^2}{2g} + hf + hl + ha + ht + Z_i$		
Hm =	184,9795	M.C.A.

$Hm \left(\frac{3.2808 \text{ ft.c.a}}{1 \text{ m.c.a}} \right)$		
Hm =	606,8806	ft.C.A.

2) Gasto de Diseño (Qmd).

Qmd =	30,000	Lt/s
$Qmd \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} \right)$		
Qmd =	0,030	m^3/s

$Qmd \left(\frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) \left(\frac{1 \text{ G}}{3.7854 \text{ Lt}} \right)$		
Qmd =	475,511	G.P.M.

3) Velocidad específica.

En este apartado solo se supondrá la velocidad específica la cual se deberá comprobar posteriormente.

Para $Hm > 150 \text{ ft}$ el flujo es radial, con valores que fluctúan entre 500 y 3000 POR LO TANTO. Se usará el catálogo de bombas radiales de alta velocidad de la

marca Bombas Verticales BNJ, y que en promedio tienen una velocidad radial de 3500 R.P.M.(revoluciones por minuto).

Una vez seleccionada la gráfica, la cual arroja los datos necesarios para su buen funcionamiento, sin olvidar que se entra a estas gráficas con el gasto (G.P.M) y la altura manométrica (ft.c.a), y los valores que se obtienen son gráficamente, se presentan a continuación los valores de esta.

4) Valores Requeridos por el Equipo de Bombeo.

Se elige la gráfica (ver figura 5.5. capítulo 5).		
Nº114	Tipo de Bomba	
Clave: CI-0467	Turbina 8 CS Nr = 3500 R.P.M	Ø flecha 1,1875 pulg

Nota: los valores dados por la gráfica pertenecen a un solo tazón o etapa

eficiencia η 75%	Potencia 19,5 H.P.	Altura manométrica 122 ft.c.a
$CSPN \left(\frac{0.3048 m}{1 ft} \right)$		sumergencia requerida $h_{sr} = 0$ pulg.
CPSN disponible ft.c.a	m.c.a	sumergencia mínima $h_{sm} \left(\frac{2.54 cm}{1 pulg} \right)$
24	7,32	$h_{sm} = 11$ pulg. 27,94 cm.
Para obtener el número de tazones requeridos es necesario.		
$N^{\circ} \text{tazones} = \frac{H_m}{\text{H. P. por Tazon}} = \frac{606,881}{122} = 4,97 \text{ tazones}$		
aprox. 5 tazones		

Una vez obtenidos los datos de la gráfica Carga-Capacidad-Potencia-Eficiencia-NPSHR se deberá calcular uno por uno los valores con los que la bomba

trabajaría dentro del cárcamo de bombeo, ya que los anteriores solo son los que requiere y no los disponibles, por lo que es necesario obtener estos.

5) Valores Disponibles del Equipo de Bombeo.

A) Eficiencia (η).

$\eta = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{76 \text{ H.P}}$				
$\eta =$	1000,000	0,030	184,979	75%
		76,000	97,50	

B) CSPN o NPSH (Carga de Succión Positiva Neta).

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{CPSN requerida} = H_A - H_S - H_V$$

A su vez es necesario calcular los parámetros de la fórmula anterior los cuales se muestran a continuación (ver apartado de: NPSH (Net Positive Suction Head)).

Altura por carga atmosférica en la captación (H_A).

De acuerdo a la carta topográfica N° E13B39 La altura barométrica es:

$h =$	1680,000	m.s.n.m
-------	----------	---------

Para obtener este valor se utiliza la siguiente fórmula:

$H_A = 10.33 - 0.00115 h$	
$H_A = [10,33] - [0,00115] [1680,000] = 8,398 \text{ m.c.a}$	$H_A \left(\frac{3,2808 \text{ ft.c.a}}{1 \text{ m.c.a}} \right)$
	27,552 ft.c.a

Altura por carga de evaporación en la captación (H_V).

En la zona la temperatura promedio del agua es de 15°C y de acuerdo a la tabla 5.4.- Presión de vaporización por temperatura del agua.

La presión de vaporización del lugar es:

$H_V =$	0,174	m.c.a
---------	-------	-------

$H_V \left(\frac{3.2808 \text{ ft. c. a}}{1 \text{ m. c. a}} \right)$
0,571 ft.c.a

Altura por carga de succión (H_S).

Para obtener la Altura por carga de succión (H_S) se utilizan las siguientes fórmulas: $H_S = H_{ES} + h_s$ Donde: $h_s = (hf + hl)$

Carga que provocan las pérdidas por fricción (hf).

Se usa tubo de 8'', esto debido al resultado arrojado por el Predimensionamiento para tuberías de succión.

pulg	\emptyset	cm	\emptyset	Area (m ²)
8		20,32		0,0324

Usando las propiedades anteriores se tiene el valor de pérdidas por fricción siguiente:

Velocidad del flujo			
$V = \frac{0,0300}{0,0324}$	\cdot	0,925	m/s
Número de Reynolds			
$Re = \frac{V\phi}{\nu}$	\cdot	$\frac{0,9251}{0,0000001142}$	\cdot 20,3200 = 164604448 adim.
Coeficiente según Blasius			
$f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}}$	\cdot	$\frac{0,3164}{113,2688}$	\cdot 0,0028 solo si $Re > 10^5$

La longitud para el cálculo incluye la sumergencia y el H_{ES} , o bien la longitud de la columna de succión que se coloque.

Pérdidas por fricción (Darcy-Waisbach).			
$hf = f \frac{L}{\phi} \frac{v^2}{2g}$	\cdot	0,0028	$\cdot \frac{(0,829)^2}{2 \cdot (9,810)}$ = 0,000497 m.c.a

Carga provocada por pérdidas locales (hl).

Las pérdidas locales se obtienen con la siguiente fórmula:

$$hl = K_t \frac{V^2}{2g}$$

En la succión se establecen dos piezas especiales, Rejilla y Ampliación de 6" a 8" para las cuales se realizan los siguientes cálculos.

El factor K para valores de piezas especiales en pérdidas locales se obtiene así:

$$K_t = \sum_n^1 K_1 + \dots K_n$$

El Valor Ca depende de la relación de diámetros y el ángulo respecto a la reducción, ver tabla 5.7.- Fórmulas de K para pérdidas locales, Y Figura 5.8.-Gráfica para valores de Ca

Para ampliación de 6" a 8"					
A_2 m ²	A_1 m ²	$\theta = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{g}{L}\right)^\circ$	$\frac{D_2}{D_1} =$	Ca	$K = Ca \left[\frac{A_2}{A_1} - 1\right]^2$
0,032	0,018	11,310	1,333	0,150	0,09

Por facilidad de cálculo se decide que la canastilla tenga una separación de barras de 1cm entre si es decir 80 espacios de 1cm de los cuales 40 son barras y 40 orificios. POR LO TANTO.

Para rejilla.	
$\frac{An}{Ab}$	$K = 1.45 - 0.45\left(\frac{An}{Ab}\right) - \left(\frac{An}{Ab}\right)^2$
0,50	0,98

El factor K total se obtiene con la siguiente fórmula:

$K_t = \sum_n^1 K_1 + \dots K_n$
1,07 Adim

Pérdidas locales totales			
$hl = K_t \frac{V^2}{2g}$	■	1,066	$\frac{[0,925]}{2[9,810]}$ ■ 0,0465 m.c.a

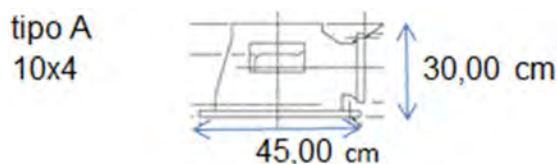
Ahora sumando las pérdidas se tiene lo siguiente.

Pérdidas totales	
$h_s = (h_f + h_l)$	
hs	(0,000497) + (0,046486) = 0,046983 m.c.a

Altura estática de succión (H_{ES}).

Este valor es la diferencia de altura entre el eje central en la zona de descarga de la bomba y el nivel mínimo del espejo de agua en el cárcamo de bombeo. El valor H_{ES} es propuesto de tal manera que sea suficiente para que no presente cavitación el equipo de bombeo. POR LO TANTO este valor incluye la mitad de altura del cabezal, el espesor de losa y la altura libre del cárcamo, o la altura entre el espejo de agua y la superficie inferior de la losa del cárcamo

De acuerdo a Bombas verticales BNJ el cabezal propuesto tiene las siguientes dimensiones:



El espesor de la losa y la altura libre son los siguientes:

20,00 cm		altura libre (cárcamo) 20,00 cm
Por lo que se adquiere lo siguiente.		
$H_{ES} = \frac{alt. \text{Cabezal}}{2} + esp. \text{losa} + alt. \text{libre}$		
$H_{ES} =$	0,5500	m.c.a
$H_S =$	0,5970	m.c.a

CPSN disponible	$H_A - H_S - H_V$		$CSPN \left(\frac{3.2808 \text{ ft. c. a}}{1 \text{ m.c.a}} \right)$	
	7,627	m.c.a	25,02	ft.c.a

De acuerdo a los valores dados para su eficiente operación el equipo no presentará cavitación en el más desfavorable de los casos Gracias al valor disponible en el cárcamo de bombeo de 24 Ft de NPSH.

C) Sumergencia de la Bomba.

La sumergencia mínima es proporcionada por las gráficas de operación de la bomba, el valor es el siguiente:

sumergencia requerida $h_{sr} = 0$	pulg.	sumergencia mínima $h_{sm} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)$
$h_{sm} = 11$	pulg.	
	27,94	cm.

La curva de operación recomienda el valor de sumergencia anterior para evitar vórtices, se toma este valor para evitar el mismo.

D) Velocidad específica del equipo de bombeo.

NOTA: Los valores se dan en el sistema inglés de medidas

$N_s = \frac{N_R \sqrt{Qmd}}{Hm^{3/4}}$	$\frac{3500,000 \sqrt{475,511}}{(606,881)^{3/4}}$	624,196 adim
---	---	--------------

La velocidad específica se encuentra entre 500 y 3000, POR LO TANTO, la decisión de colocar una bomba radial es la correcta.

EN CONCLUSIÓN EL ANÁLISIS DEL EQUIPO DE BOMBEO ES ADECUADO ASÍ COMO LA PROPUESTA DEL MISMO, NO PRESENTARÁ NINGÚN PROBLEMA DE TRABAJO, POR LO QUE SOLO RESTA EL ARMADO DEL EQUIPO ELECTROMECHANICO PROPUESTO. PARA MAS INFORMACIÓN VER ANEXO C, PLANO E - 1 Y M – 1

Colocación y Armado del Equipo Mecánico de Bombeo (Referencia del Capítulo 4).

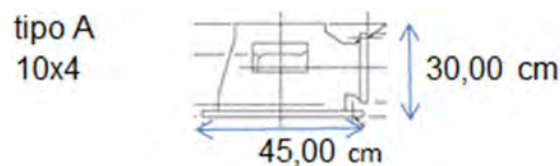
El objetivo es el ensamble del conjunto mecánico del equipo de bombeo. Para esto se utilizan las propiedades del catálogo de Bombas Verticales BNJ Ver subtema de colocación y armado del equipo electromecánico de para una mejor ilustración.

A) Motor Propuesto.

Motor eléctrico vertical de inducción, de alta velocidad a 100 HP a 3500 rpm para flujo radial con carcasa a cielo abierto, se elige según el cálculo realizado.

B) Cabezal Propuesto.

De acuerdo a Bombas verticales BNJ el cabezal propuesto con estopero lubricado con agua es:



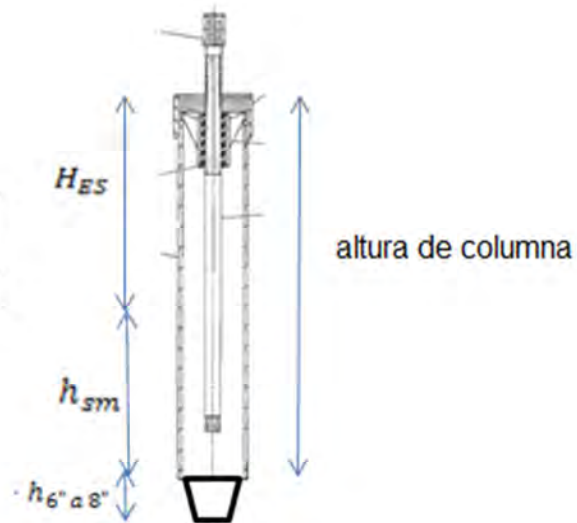
C) Columna de Succión Propuesta.

Columna de Succión (con bridas en extremos)

la altura de la columna se obtiene así:

$alt. columna = H_{ES} + h_{sm} + h_{6" \text{ a } 8"}$		
alt. columna =	95,64	cm

$h_{6" \text{ a } 8"}$ es altura de la ampliación colocada con bridas en extremos



D) Cuerpo de Tazones (intermedios, de succión y de descarga), y Colador o Rejilla. Tolerancia del fondo y altura de cárcamo, disponible y requerido.

Para saber las dimensiones del cuerpo de tazones es necesario saber la clave con la que se define cada equipo (Bombas Verticales BNJ), dicha clave se observa en la curva de operación del equipo seleccionado, en este caso la clave es: bomba con impulsores tipo turbina 8CS.

Tazón de descarga.

	$\phi_{td} \text{ o } h_{td} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)$		$long. td = N^{\circ} piezas \times h_{td}$	
1 pieza	pulg	cm	Todas las pieza	
$\phi td =$	6	15,24	N° piezas	long. total (cm)
$h_{td} =$	5,25	13,34	1	13,34

The diagram shows a cross-section of a discharge bucket with a vertical dimension line labeled h_{td} .

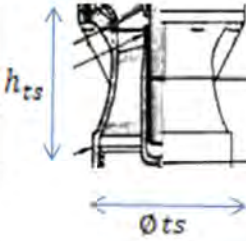
Tazón intermedio.

	$\phi_{ti} \text{ o } h_{ti} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)$		$long. ti = N^{\circ} piezas \times h_{ti}$	
1 pieza	pulg	cm	Todas las pieza	
$\phi ti =$	7,5	19,05	N° piezas	long total (cm)
$h_{ti} =$	5,5	13,97	5	69,85

The diagram shows a cross-section of an intermediate bucket with a vertical dimension line labeled h_{ti} .

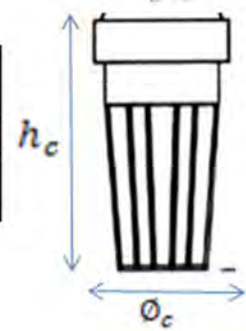
Tazón de succión.

	$\phi_{ts} \text{ o } h_{ts} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)$		$long.ts = N^{\circ} \text{piezas} \times h_{ts}$	
1 pieza	pulg	cm	Todas las pieza	
$\phi_{ts} =$	10	25,40	N ^o piezas	long total (cm)
$h_{ts} =$	5,25	13,34	1	13,34



Colador o Rejilla.

	$\phi_c \text{ o } h_c \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)$		$long.col. = N^{\circ} \text{piezas} \times h_c$	
1 pieza	pulg	cm	Todas las pieza	
$\phi_c =$	10	25,40	N ^o piezas	long total (cm)
$h_c =$	14,75	37,47	1	37,47



Tolerancia del fondo.

Se usa para evitar que los impulsores succionen sedimentos que arrastra el agua del manantial, para esto es necesario dar una profundidad extra, bajo el colador, el cual se calcula como un valor empírico, tomando en cuenta la altura del cuerpo de tazones, POR LO TANTO, la fórmula es la siguiente:

$$tol.fondo = \frac{\{long.td + long.ti + long.ts\}}{5}$$

tol.fondo =	19,304	cm
-------------	--------	----

Altura del Cárcamo, Disponible y Requerido.

La altura disponible es la que tiene el cárcamo ya que el mismo ya fue diseñado.

$h_{disp.} =$	280,000	cm
---------------	---------	----

La altura requerida es la que se obtiene después de sumar las alturas de todo el equipo mecánico y debe ser menor a la altura disponible.

$h_{req.} = long.td + long.ti + long.ts + long.col. + tol.fondo + alt.columna$		
$h_{req.} =$	248,929	cm
aprox.	250,000	cm

EN CONCLUSIÓN EL ARREGLO MECÁNICO DEL EQUIPO DE BOMBEO ES ADECUADO YA QUE LA PROFUNDIDAD REQUERIDA NO REBASA A LA DISPONIBLE POR LO QUE SE DEJA TAL COMO SE PROPUSO Y LA TUBERÍA DE 8" SI FUNCIONA PARA EL DISEÑO.

Colocación y Armado del Equipo Eléctrico de Bombeo (Referencia del Capítulo 4).

Para desarrollar este apartado solo se siguieron las recomendaciones de CNA y fabricantes e instaladores de este tipo de equipos por lo que no se usaron cálculos ya que solo se busca dar nociones de una instalación eléctrica para el tipo de turbomáquina que se maneja.

A) Motor Propuesto.



Al observar las Tablas 4.12. 4.13. 4.14 se elige el siguiente motor:

Motor eléctrico vertical de inducción, con potencia de 100 HP, a 3500 RPM trifásico de 60 Hz, 2 polos a 440 Volts, 200 Amp con rodamientos de bolas de inducción, tipo jaula de ardilla.

B) Arrancador Propuesto.

Se elige un arrancador a tensión reducida por la siguiente justificación:

Atendiendo a la recomendación de Nassar de aumentar en un 50% la corriente nominal tenemos entonces el amperaje real de arranque.

	coeficiente		corriente de arranque
Corriente nominal		1,500	
200,000			300,000 amp

Debido a la clase de motor que se instalará (tipo jaula de ardilla), el voltaje generado es elevado (de 4 a 6 veces el voltaje nominal) y atendiendo a la recomendación de Nassar Electronic se elige un arrancador a tensión reducida para 300 amp.

C) Interruptor Propuesto.

Para evitar algún corto circuito y asegurar el seccionamiento eléctrico entre transformador y motor se selecciona un interruptor termomagnético que genera un paro eléctrico una vez que aumenta la temperatura debido a corto circuito el cuál puede trabajar a un máximo de 600 Volts.

D) Transformador Propuesto.

El transformador atiende a la recomendación de CNA porque el transformador es trifásico de 13200 volts en alta tensión y 440 volts en baja tensión, con una frecuencia de 60Hz y capacidad de 150 KVA, POR LO TANTO es adecuado a las necesidades requeridas.

E) Cableado Propuesto.

También teniendo en cuenta la tabla 4.13.- el cable seleccionado es AWG calibre 3/0 con 20 metros de desarrollo por cada polo para conexión de tres polos.

EN CONCLUSIÓN EL ARREGLO ELÉCTRICO DEL EQUIPO DE BOMBEO ES ADECUADO YA QUE LA CAPACIDAD REQUERIDA NO REBASA A LA DISPONIBLE POR LO QUE SE DEJA TAL COMO SE PROPUSO.

SE COLOCARAN 2 EQUIPOS DE BOMBEO CON EL FIN DE ALTERNAR EL ENCENDIDO DE CADA UNO DE ESTOS Y ASÍ PODER DAR MANTENIMIENTO SIN DEJAR LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN FUERA DE SERVICIO.

PARA MAS INFORMACIÓN VER ANEXO C, PLANO E - 1 Y M - 1

7.7.- Normativa para Instalación de Conducciones por Bombeo (Referencia del Capítulo 4).

De manera general se realizan los siguientes cálculos para saber el movimiento de tierras, el número de dispositivos de seguridad, válvulas y piezas especiales que se colocarán así como el número de piezas de sujeción para las mismas.

1) Excavación y relleno de zanjas.

Antes de continuar con dicho presupuesto es necesario basarse en las normas establecidas para así saber la excavación que se requiere, el tipo de atraques para los dispositivos de seguridad, piezas especiales y válvulas ocupadas por lo que es necesario desglosar cada uno de los parámetros que a continuación se presentan:

La tubería de 6 pulg. Requiere las dimensiones siguientes.

A) Diámetro total de la tubería ($\varnothing Ext$).

$\varnothing Int$	(diámetro interior)	Calibre(tubería).	e	(Espesor de pared)	$\varnothing Ext = \varnothing Int + 2e$
pulg	cm	RD - 26	cm.		cm
6	15,24		0,635		16,510

B) Profundidad (Def), y ancho (B) de zanja.

Ancho de la zanja que se usa.	Profundidad de la zanja.	\approx	Esta Profundidad se usará.	
B	$Def = 90cm + \varnothing Ext$			(Material Tipo B).
70 cm	106,51 cm		110	cm

Volumen de tubo ($Vol.tubo.$).

Área de tubo	Long. de tubo	$Vol.tubo = Area tubo \times Long.tubo$	Vol. De tubo
0,02141 m ²	1606,3 m		34,388 (m ³)

C) Espesor de Plantilla ($Plant$).

$0.1 \varnothing Ext$	$Plant = 0.1 \varnothing Ext + 5cm$	\approx	Este espesor de plantilla se usará.		
cm	cm			(Material de banco 1/8" TMA).	
1,651	6,651		aprox.	10	cm

D) Espesor de Acostillado ($Acost$).

Relleno mínimo.	Acostillado mínimo	\approx	Este espesor de acostillado se usará.		
$rell.min$	$Acost = rell.min + \varnothing Ext$			(material de banco granular de TMA 1/4").	
30 cm	46,510 cm			50	cm

E) Espesor de Relleno ($Rell$).

Espesor de relleno a volteo.	\approx	Este espesor de relleno se usará.		
$Rell = Def - Acost + Plant$			(producto de excavación limpio de materia orgánica)	
53,349 cm			50	cm

2) Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usadas.

Nº crucero	Material	Pieza	Cantidad
1	Fo Fo	Ampliacion-Reducción 8" a 6"	2
1	Ao So	Niple con Brida Soldada y rosca 6"	2
1	Fo Fo	Reducción-Ampliación 6" a 8"	2
1	Fo Fo	Válvula Check 6"	2
1	Fo Fo	Codo 45° 6"	4
1	Fo Fo	Descarga Multiple Yee 45° 6"	1
1	Fo Fo	Válvula Compuerta 6"	3
1	Fo Fo	Válvula Adm. Y Exp. 6"	2
1	Fo Fo	Válvula desagüe 6"	2
1	Fo Fo	Válvula Vs Golpe Ariete 6"	2
1	Fo Fo	Medidor de Presión 6"	1
1	Fo Fo	Medidor de Caudal 6"	1
1	Fo Fo	Carrete con Bridas de 6"	1
1	Fo Fo	Extremidad con Brida de 6"	1
1	Fo Fo	Junta Gibault 6"	1
5	Fo Fo	Junta Gibault 6"	1
5	Fo Fo	Extremidad con Brida de 6"	1
5	Fo Fo	Válvula desagüe 6"	1
5	PVC	Extremidad Espiga de 6"	1
6	Fo Fo	Junta Gibault 6"	1
7	PVC	Codo Esp-Camp45° 6"	2
7	PVC	Codo Esp-Camp 22°30' 6"	1
8	PVC	Codo Esp-Camp 22°30' 6"	1
9	PVC	Extremidad Campana de 6"	1
9	Fo Fo	Válvula Adm. Y Exp. 6"	1
9	PVC	Extremidad Espiga de 6"	1
10	Fo Fo	Junta Gibault 6"	1
11	PVC	Codo Esp-Camp 22°30' 6"	1
12	PVC	Codo Esp-Camp 22°30' 6"	1
13	PVC	Codo Esp-Camp 45° 6"	2
14	PVC	Junta Gibault 6"	1
16	PVC	Junta Gibault 6"	1
17	PVC	Extremidad Campana de 6"	1
17	Fo Fo	Válvula desagüe 6"	1
17	PVC	Extremidad Espiga de 6"	1
18	PVC	Codo Esp-Camp45° 6"	2
19	PVC	Codo Esp-Camp45° 6"	2
20	PVC	Extremidad Campana de 6"	1
20	Fo Fo	Válvula Adm. Y Exp. 6"	1
20	Fo Fo	Tee 6"	1
20	Fo Fo	Válvula Compuerta 6"	2
20	Fo Fo	Extremidad con Brida de 6"	2
20	Fo Fo	Junta Gibault 6"	2
21	Fo Fo	Válvula de Flotador 6"	1
22	Fo Fo	Válvula de Flotador 6"	1

3) Tipos de Atracos Usados.

Para dichos aditamentos de sujeción para la conducción es necesario consultar la tabla 4.6.- así como las figuras 4.14.- Y 4.15.- para obtener valores necesarios para la elaboración de estos.

Los atraques se designan con los siguientes términos:	
Tipo "A"	Tipo "B"
En el ANEXO A, DETALLE DE EXCAVACION Y ATRAQUES se pueden encontrar las dimensiones de los mismos.	

7.8.- Cálculo del Presupuesto Base para la Propuesta de Solución (Referencia del Capítulo 4 y Capítulo 5).

1) Preliminares.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-001	Trazo, Limpia y Nivelación topográfica de conducción de agua potable.	Ml	1606,3	5,10
VOLUMEN GENERADOR:				
Longitud de pavimento por donde pasa la tubería enterrada 1606,30 M			SUBTOTAL	\$8.192,13

2) Demolición de pavimento.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-002	Rayado con cortadora de disco en pavimento de concreto hco de 5 cm de profundidad.	Ml	3212,6	39,46
VOLUMEN GENERADOR:				
Longitud de pavimento por donde pasa la tubería enterrada. 1606,30 m		Número de rayas de corte 2	SUBTOTAL	\$126.769,20
<i>Cant. corte = Long. pav. x N° rayas</i>				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-003	Demolición de pavimento con equipo mecánico (rotomartillo) de pavimento HCO de hasta 20 cm de espesor no incluye retiro.	M²	1124,41	112,18
VOLUMEN GENERADOR:				
Longitud de zanja 1606,30 m		Ancho de zanja 0,7 m	SUBTOTAL	\$126.136,31
<i>Cant. Area Dem. Pav. = Long. zanja x Ancho zanja</i>				

3) Excavación de zanja y retiro de tubería vieja.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.		
RPS-BRJ-004	Excavación con equipo mecánico en material tipo "B" en zanjas de 0,00 a 2,00 mts de profundidad, incluye retiro de material a un lado de la zanja.	M ²	1202,46	54,89		
VOLUMEN GENERADOR:						
Dimensiones de la zanja	Vol tubo(m ²)	Prof.(m)	Ancho(m)	Long.(m)	SUBTOTAL	\$66.003,18
	34,388	1,1	0,7	1606,30		
<i>Cant.Vol.Exc. = {Prof × Ancho × Long.} – Vol.tubo</i>						

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-005	Extracción de tubería instalada de 4" a 8" Q sin recuperar el material, incluye corte de tubería a mano y extracción.	MI	1606,30	0,73
VOLUMEN GENERADOR:				
Longitud de tubería enterrada por extraer.			SUBTOTAL	\$1.172,60
1606,30 m				

4) Colocación de material de relleno y tubería nueva.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	
RPS-BRJ-006	Plantilla de 10 cm de esp. con material de banco para cama de tubería, incluye suministro, colocación y compactación del material.	M ²	1124,41	22,66	
VOLUMEN GENERADOR:					
Ancho de zanja (plantilla).	Longitud de zanja (plantilla).			SUBTOTAL	\$25.479,13
0,70 m	1606,30 m				
<i>Area Plant. = Ancho zanja × Long.zanja</i>					

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.		
RPS-BRJ-007	Relleno en zanjas con material de banco compactado por medios mecánicos en capas de 20 cm de esp. para acostillado, incluye suministro del material.	M ²	527,82	187,28		
VOLUMEN GENERADOR:						
Dimensiones de acostillado	Vol tubo(m ²)	Prof.(m)	Ancho(m)	Long.(m)	SUBTOTAL	\$98.849,51
	34,388	0,5	0,7	1606,30		
<i>Cant.Vol.Acost. = {Prof × Ancho × Long.} – Vol.tubo</i>						

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	
RPS-BRJ-008	Relleno en zanjas, de material producto de excavación compactado con equipo mecánico en capas de 20cm de esp.	M ²	562,205	40,34	
VOLUMEN GENERADOR:					
Dimensiones de relleno.	Prof.(m)	Ancho(m)	Long.(m)	SUBTOTAL	\$22.679,35
	0,5	0,7	1606,30		
<i>Cant.Vol.Rell. = Prof × Ancho × Long.</i>					

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-009	Tubería de 6"(150mm) de PVC hco clase RD-13.5 incluye suministro de materiales, prueba e instalación.	ML	27,97	362,48
VOLUMEN GENERADOR:				
Calibre de Tubería.		Valor obtenido de la Tabla de cálculos número 2		SUBTOTAL \$10.138,57
RD - 13.5		columna 40	27,97 m	
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-010	Tubería de 6"(150mm) de PVC hco clase RD-21 incluye suministro de materiales, prueba e instalación.	ML	320,00	310,4
VOLUMEN GENERADOR:				
Calibre de Tubería.		Valor obtenido de la Tabla de cálculos número 2		SUBTOTAL \$99.328,00
RD - 21		columna 40	320,00 m	
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-011	Tubería de 6"(150mm) de PVC hco clase RD-26 incluye suministro de materiales, prueba e instalación.	ML	505,00	249,81
VOLUMEN GENERADOR:				
Calibre de Tubería.		Valor obtenido de la Tabla de cálculos número 2		SUBTOTAL \$126.154,05
RD - 26		columna 40	505,00 m	
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-012	Tubería de 6"(150mm) de PVC hco clase RD-32,5 incluye suministro de materiales, prueba e instalación.	ML	235,00	209,37
VOLUMEN GENERADOR:				
Calibre de Tubería.		Valor obtenido de la Tabla de cálculos número 2		SUBTOTAL \$49.201,95
RD - 32.5		columna 40	235,00 m	
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-013	Tubería de 6"(150mm) de PVC hco clase RD-41 incluye suministro de materiales, prueba e instalación.	ML	518,60	163,68
VOLUMEN GENERADOR:				
Calibre de Tubería.		Valor obtenido de la Tabla de cálculos número 2		SUBTOTAL \$84.884,45
RD - 41		columna 40	518,60 m	

5) Colocación de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-014	Reducción bridada de 8" a 6" (200 a 150 mm) Q de FoFo incluye suministro de mat., prueba e instalación.	Pza	4	1955,02
VOLUMEN GENERADOR:				
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.			SUBTOTAL	\$7.820,08

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-015	Niple con brida soldada y rosca de 6" (150mm) Q de acero ced-40, incluye, suministro, corte, habilitado, y soldadura de doble cordon en juntas, fabricación y colocación de la pieza.	Pza	2	1830,5
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$3.661,00
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-016	Válvula de desfogue 2" Q para tubería de 6", incluye suministro, prueba y colocación de tee de FoFo de 6" 2 niples de 2" x 6" long. 1 válvula de bronce de 2" Q, 16 tornillos de 3/4" x 3 1/2" 4 tornillos de 5/8" x 2 1/2", 2 empaques de neopreno de 6" Q, 1 empaque de neopreno de 2" Q.	Pza	4	2325,84
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$9.303,36
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-017	Válvula de admisión y expulsión de aire de 2" para tubería de 6", con orificio de venteo de 3/4" Q incluye suministro, prueba y colocación de tee de FoFo de 6", 2 niples de 2" x 6" long. 1 brida roscable de FoFo 2" Q, 16 tornillos de 3/4" x 3 1/2", 4 tornillos de 5/8" x 2 1/2", 2 empaques de neopreno de 6" Q, 1 empaque de neopreno de 2" Q. y Valv. Adm. y Exp 2"	Pza	4	3473,24
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$13.892,96
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-018	Junta giubault de 6" (150mm) incluye, suministro, prueba y colocación de materiales.	Pza	8	413,82
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$3.310,56
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-019	Codo de 45° x 6" (45° x 150mm) Q de PVC hco con campana, incluye suministro, prueba y colocación de materiales.	Pza	8	621,89
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$4.975,12
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-020	Codo de 22°30' x 6" (45° x 150mm) Q de PVC hco con campana, incluye suministro, prueba y colocación de materiales.	Pza	4	665,7
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$2.662,80
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-021	Extremidad campana de 6" (150mm) de PVC hco incluye suministro, prueba y colocación de materiales.	Pza	3	714,48
VOLUMEN GENERADOR:			SUBTOTAL	\$2.143,44
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-022	Extremidad espiga de 6" (150mm) de PVC hco incluye suministro, prueba y colocación de materiales.	Pza	3	826,93
VOLUMEN GENERADOR:				
Ver Lista de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.			SUBTOTAL	\$2.480,79

6) Colocación de Atragues.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-023	Atraque de 0.30m x 0.30m x 0.40m de concreto F'c= 150kg/cm ² incluye suministro de materiales fabricación y colado, tipo "A".	Pza	6	43,22
VOLUMEN GENERADOR:				
Atraque Tipo "A" 6			SUBTOTAL	\$259,32
Ver tipos de atraques usados.				

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-024	Atraque de 0.30m x 0.40m x 0.40m de concreto F'c= 150kg/cm ² incluye suministro de materiales fabricación y colado tipo "B".	Pza	1	51,23
VOLUMEN GENERADOR:				
Atraque Tipo "B" 1			SUBTOTAL	\$51,23
Ver tipos de atraques usados.				

7) Reposición de base hidráulica y pavimento de concreto.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-025	Pavimento de 15cm de esp. De concreto hco f'c=250 kg/cm ² incluye suministro de material, fabricación, colado, vibrado y reposición a mano.	M ²	1124,41	276,35
VOLUMEN GENERADOR:				
Ancho de zanja (pavimento).		Longitud de zanja (pavimento).		SUBTOTAL
0,70	m	1606,30	m	\$310.730,70

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-026	Base hco de 20cm de esp. De grava cementada controlada, incluye suministro de material, compactación con equipo mecánico y acarreo a 12 km	M ²	1124,41	97,29
VOLUMEN GENERADOR:				
Ancho de zanja (base hca).		Longitud de zanja (base hca).		SUBTOTAL
0,70	m	1606,30	m	\$109.393,85

8) Acarreo de material sobrante producto de excavación.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	
RPS-BRJ-027	Carga con equipo mecánico y acarreo en camión volteo al primer kilómetro de escombros y material sobrante de excavación.	M ²	1394,54	24,45	
VOLUMEN GENERADOR:					
Dimensiones de Pavimento.	Ancho(m) 0,7	Long.(m) 1606,30	Esp (m). 0,15	Vol. de Pavimento extraído 168,6615 m ³	Vol. de Pavimento acarreado. 269,8584 m ³
Coef. abund.	1,6	<i>Cant. Vol. Pav. Ext. = Prof × Ancho × Long.</i>		<i>Vol. Dem. Pav. × Coef. Abund.</i>	
Dimensiones de Base hco.	Ancho(m) 0,7	Long.(m) 1606,30	Esp (m). 0,2	Volumen de Base extraído 224,882 m ³	Volumen de Base acarreado 292,3466 m ³
Coef. abund.	1,3	<i>Cant. Vol. Base Ext. = Prof × Ancho × Long.</i>		<i>Vol. Base Ext. × Coef. Abund.</i>	
Vol. de excavación (m ³). 1202,462702	Vol. de relleno (m ³). 562,205		Volumen de desperdicio (m ³). 640,2577015		Volumen de acarreo (m ³). 832,335012
Coef. abund.	1,3	<i>Vol. Exc. - Vol. Rell.</i>		<i>Vol. Desp. Exc. × Coef. Abund.</i>	
Para más información sobre excavación Ver conceptos: RPS-BRJ-008 y RPS-BRJ-005.					
<i>Cant. Mat. Acarr. = Vol. Desp. Pav. + Vol. Desp. Base hco. + Vol. Desp. Exc.</i>				SUBTOTAL	\$34.096,50

9) Instalación y desinstalación de equipo electromecánico propuesto.

Se instalan 2 equipos y se desinstala solo 1.

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-028	Suministro, prueba, traslado al sitio e instalación de cuerpo de tazones con lubricación de agua y tazones de bronce para un gasto de 30 lps, con una velocidad de 3500 rpm que incluye campana de succión y descarga así como colador tipo cónico.	Pza	2	21102,91
			SUBTOTAL	\$42.205,82

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-029	Suministro, prueba, traslado al sitio e instalación de Columna de Ao Aa Cd de 8" X 1 3/16" con bridas en los extremos para 8" lubricación de agua con altura de 80 cm aprox. Completo.	Pza	2	10903,83
			SUBTOTAL	\$21.807,66

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-030	Suministro, prueba, traslado al sitio e instalación de Cabezal tipo Asobre superficie de 10" x 4" lubricación de agua completo con accesorios.	Pza	2	17860,77
			SUBTOTAL	\$35.721,54

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-031	Suministro, prueba, traslado al sitio e instalación de motor eléctrico vertical de inducción, tipo jaula de ardilla de 100 HP trifásico de 60 Hz, 440 volts, 2 polos a 3500 rpm.	Pza	2	77010,71
			SUBTOTAL	\$154.021,42

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-032	Suministro, prueba, traslado al sitio, instalación y prueba de arrancador a tensión reducida por autotransformador para 100 hp, 440 volts, 60Hz con tres fases e interruptor termodinámico de 300 amp.	Pza	2	31727,60
			SUBTOTAL	\$63.455,20

CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-033	Suministro, prueba, traslado al sitio e instalación de interruptor termomagnético de 300 amp 3 polos, 600 volts, 60 Hz atornillable en gabinete.	Pza	2	13441,55
			SUBTOTAL	\$26.883,10
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-034	Suministro, prueba, traslado al sitio, instalación y prueba de cable de cobre con aislamiento tipo AWG 75°C calibre N° 3/0 para completar red de fuerza del transformador al interruptor, arrancador y motor con un desarrollo aprox. de 3 x 20.	RED	2	57516,94
			SUBTOTAL	\$115.033,88
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-035	desinstalación, reinstalación y puesta nuevamente en transformador de distribución existente de 150 KVA, con relación de transformación de 13200/440 volts, trifásico 60Hz.	Pza	1	36944,86
			SUBTOTAL	\$36.944,86
CLAVE	DESCRIPCIÓN DE CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
RPS-BRJ-036	Desinstalación, transporte y entrega donde se indique de equipo de bombeo existente compuesto por motor eléctrico, cabezal de descarga, columna de bombeo cuerpo de tazones y arrancador.	Pza	1	7437,59
			SUBTOTAL	\$7.437,59

Costos parciales y totales de la propuesta de solución para "El sistema de Bombeo Rubén Jaramillo".

El objetivo del cálculo que se realiza es visualizar de manera general el costo de cada parte del presupuesto base así como el de la línea de conducción bomba y el total.

1) Preliminares	\$8.192,13		COSTO TOTAL
2) Demolición de pavimento.	\$252.905,51		
3) Excavación de zanja y retiro de tubería vieja.	\$67.175,78		
4) Colocación de material de relleno y tubería nueva.	\$516.715,01		
5) Colocación de piezas especiales, válvulas y dispositivos de seguridad usados.	\$50.250,11		
6) Colocación de Atraques.	\$310,55		
7) Reposición de base hidráulica y pavimento de concreto.	\$420.124,55		
8) Acarreo de material sobrante producto de excavación.	\$34.096,50		
COSTO DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN		\$1.349.770,14	
9) Instalación y desinstalación de equipo electromécanico propuesto.	\$503.511,07		
COSTO DEL EQUIPO DE BOMBEO		\$503.511,07	

Se concluye este capítulo cumpliendo así con los cálculos de la propuesta. Como una observación se comenta al lector que es solo una propuesta de solución, esto quiere decir que quizá haya más soluciones para este el mismo problema, lo que generaría tal vez un mejor criterio para esta, quedando abierta a opiniones personales.

A continuación se presenta la conclusión de este proyecto de tesis donde se informan los detalles definitivos de los resultados.

CONCLUSIÓN.

En este apartado se busca describir y concluir con los resultados, señalar el análisis y diseño del sistema de conducción por bombeo "Rubén Jaramillo", así como el cumplimiento de los objetivos y pregunta de investigación, ya que con el título de la presente se establece implícitamente el problema que genera dichos objetivos e incertidumbres.

Atendiendo al objetivo general se deducen las deficiencias de funcionamiento en la tubería y el equipo de bombeo, desde luego en base a esto se propone la solución al problema del abastecimiento de agua potable. Por lo tanto se cumple con lo enunciado por el antes mencionado.

En lo que corresponde a los objetivos particulares se responde de manera positiva a estos. El primero de ellos se cumple, ya que se comprueban los datos de proyecto y que en efecto son correctos para el buen funcionamiento del Sistema de conducción por bombeo "Rubén Jaramillo" por que cubren la demanda de agua de la población y no es necesario realizar ampliaciones al mismo.

El segundo de estos se cumple, ya que se describen las características de la zona tanto particulares como generales, dando así una noción de la ubicación del sistema de bombeo.

El tercero y cuarto objetivo particular se cumplen por que el sistema se diseña a partir del cálculo de las presiones de trabajo mismas que se fundamentan en base a lo establecido por normas y especificaciones probadas en la práctica y enunciadas por profesionales del ramo.

El quinto se cumple, ya que se analiza y diseña el equipo electromecánico en base a las normas vigentes para el buen funcionamiento de dichas obras.

En cuanto al sexto objetivo particular, se cumple, ya que se presupuesta la solución propuesta dando una idea del costo de esta.

En tanto una vez realizado el análisis y diseño de la línea de conducción se describe la respuesta a la pregunta de investigación.

Las medidas correctivas serán las primeras en requerirse ya que el problema actual exige dichas medidas, por lo que la mejor propuesta de solución (la cual fue desarrollada con éxito) para el problema que aqueja a la población de las colonias: 2 de Mayo, 28 de Octubre y Rubén Jaramillo al poniente de la ciudad de Uruapan, Michoacán, es la del cambio de la línea de conducción desde los linderos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, hasta el predio donde se encuentran instalados los tanque de regularización que abastecen a las colonias antes mencionadas, es decir, la zona donde la línea de conducción fue tendida bajo tierra. Solo así se resolvería el problema, ya que solo se ha resuelto la problemática de la conducción, es decir, las fugas presentadas a lo largo de la misma; eso solo es en cuanto a la obra civil.

En el caso del equipo electromecánico, es necesario modificar lo que comprende, el sistema eléctrico y mecánico, ya que periódicamente ha bajado su rendimiento, esto genera mayores gastos de operación y un servicio menor al usuario.

Las medidas preventivas que se recomienda usar una vez rehabilitada la línea de conducción son el mantenimiento constante de la misma tanto para el

equipo electromecánico como para la línea de conducción, entre estas la revisión periódica de la conducción para poder detectar un problema a futuro, en cuanto a la turbo-máquina se debe revisar sus partes internas y externas para identificar algún desperfecto.

Ahora bien, la pregunta que da inicio a la investigación dice: ¿Qué medidas preventivas y correctivas se pueden proponer para mejorar el funcionamiento de sistema de bombeo Rubén Jaramillo una vez que se obtengan los resultados del análisis que se realizará a este mismo?, la cual de acuerdo al desarrollo teórico y práctico de la tesis se responde así: para las medidas correctivas, es necesario el cambio de la línea de conducción por donde pasa bajo tierra y sustituyendo el equipo de bombeo de la misma, cumpliendo con las normas de seguridad y protección recomendado por la CNA y diversos autores. Para las medidas preventivas se propone una vez realizado la sustitución de la misma, dar mantenimiento periódico tanto a la tubería como al equipo de bombeo, lo que mejorará su funcionamiento, con esto la respuesta a la pregunta de investigación es satisfactoria.

Continuando en lo que se refiere al capítulo 1 de la investigación, se concluye que los datos de proyecto se basan en valores ya establecidos, esto pues reduce los cálculos necesarios para obtenerlos y no es necesario prever el crecimiento de cualquiera de los datos básicos, como se observó fue necesario el índice de población por vivienda que da muchas ventajas con respecto a los demás métodos ya que se tenía la población de proyecto y esta ya no se incrementaría más, por lo tanto el gasto no aumentará.

En tanto con el capítulo 2 se menciona que el acuífero que alimenta al manantial “el pescadito”, el cual tiene su recarga a un nivel mayor al de la elevación de manantial por lo que su salida es con afloramientos horizontales y verticales, de entre una roca basáltica fragmentada, dicho manantial se recarga en tiempo de lluvias

Lo que respecta al capítulo 3 de la investigación se deduce que el manantial que alimenta la conducción por bombeo es de tipo afloramiento horizontal y vertical con represa la cual mantiene el nivel de operación en el cárcamo dando grandes ventajas comparado con sistemas de bombeo como pozos profundos y galerías filtrantes ya que una captación como estas solo requiere represar el agua del manantial generando un costo menor de inversión en obra civil. En cuanto a la conducción, se efectúa por bombeo y se usan principalmente donde es necesario vencer una carga de posición o desnivel topográfico, adversa y el tanque de regularización elevada como el usado en este caso, se usa donde la población esta muy cerca de la ubicación de este

Seguido al capítulo 4 de la investigación se describen las partes y piezas necesarias para instalar una conducción por bombeo y una bomba hidráulica, donde algunas de estas muestran algunas variedades y tipos, de las cuales se eligen para resistir altas presiones por ejemplo en las válvulas de seccionamiento se usan las de tipo compuerta que cumplen con este requisito, y en el caso único de los bombeos se usan válvulas contra golpe de ariete, en el caso de las tuberías se muestran algunas y atendiendo a las ventajas de cada una la tubería de PVC es la más recomendada para instalarse bajo tierra en comparación con la de Asbesto-cemento ya que esta es

más pesada y más difícil de colocar, en el caso del equipo de bombeo, las bombas centrífugas son adecuadas en lugares donde el desnivel que se debe vencer es arriba de los 100 metros, ya que esta genera una gran carga y un pequeño gasto, esto comparado con una bomba de flujo axial y flujo mixto.

Por último, atendiendo al capítulo 5 de la investigación, para la línea de conducción, fue necesario usar ambos criterios de diseño para luego comparar los resultados de ellos y el más desfavorable de estos es en el que el diseño se basa, ya que las presiones por golpe de ariete y por presiones de trabajo son las que rigen en este caso de obras, en cuanto al equipo electromecánico se suman todas las cargas a las que se somete la misma para luego diseñar este, atendiendo principalmente a los parámetros de velocidad específica, potencia, carga de succión positiva neta (NPSH) sumergencia de los tazones y rendimiento del equipo, para terminar con un presupuesto base que genera una noción del costo para mitigar los problemas causados por la línea de conducción en cuestión.

Así pues se espera que el trabajo de tesis que concluye sea utilizado en beneficio de los habitantes de las colonias que reciben el servicio de agua potable creando conciencia tanto al usuario como al organismo operador de lo importante que es este abastecimiento, y por último, crear un compromiso ético y moral a la humanidad de la importancia del agua y su cuidado en el progreso de una nación.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Hernández, Francisco Javier. (1993).
Fundamentos de Hidrología de Superficie.
Ed. Limusa. México.

César Váldez, Enrique. Vázquez González, Alba (1993).
Abastecimiento de Agua Potable.
Ed. UNAM, México.

Colegio de Ingenieros de México (1996).
Ingeniería Civil Mexicana, un Encuentro con la historia.
S/L México

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1997).
Manual de Conducción,
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1994).
Manual de Datos Básicos.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1998).
Manual de Diseño Construcción y Operación de Tanques de Regularización para
Abastecimiento de Agua Potable.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1996).
Manual de Diseño de Equipo Electromecánico.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1994).
Manual de Lineamientos Técnicos Para el Diseño de Agua Potable, Alcantarillado.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (2002).
Manual de Obras de Toma.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1994).
Manual de Perforación de Pozos.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1994).
Manual de Prospección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1996).
Manual de Redes de Distribución,
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1996).
Manual de Selección de Equipo Electromecánico.
Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Diario Oficial de la Federación (2004).
NTC-RCDF-2004.
Ed. Berbera Editores, México.

García Márquez, Fernando (1994).
Curso Básico de topografía.
Ed. Árbol Editorial, Colombia.

Gardea Villegas, Humberto (1992).
Aprovechamientos Hidroeléctricos y de Bombeo.
Ed. Trillas, México.

Gibson, Ulric P. Rexford D. Singer (1974).
Manual de Pozos Pequeños.
Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols (2003).
Metodología de la Investigación.
Ed. Mc Graw-Hill, Chile.

Legarreta Guerrero, Manuel (1991).
El agua.
Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Mancebo del Castillo, Uriel (1987).
Teoría del Golpe de Ariete y sus aplicaciones en Ingeniería Hidráulica.
Ed. Noriega editores.

Mays, Larry W. (2000).
Manual de sistemas de distribución.
Ed. McGraw-Hill, España.

Mendieta Alatorre, Ángeles (2005).
Métodos de Investigación y Manual Académico.
Ed. Porrúa, México.

Montes de Oca, Miguel (1996).
Topografía.
Ed. Alfaomega, México.

Moreno Sánchez, Amilcar Horacio (1994).
Parque Nacional de Uruapan.
Tesis de Licenciatura, Escuela de Arquitectura, UDV.
Uruapan 1994

Puig. De la Parra, Juan B. (1970).
Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y Fotointerpretación.
Ed. Lito Juventud, México.

Ranald V. Giles (1969).
Mecánica de Fluidos e Hidráulica.
Ed. McGraw-Hill. México.

Rico Rodríguez, Alfonso. Del Castillo Hermilo (1996).
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (carreteras, ferrocarriles y aeropistas)
Vol.2.
Ed. Limusa, México

Sótelo Ávila, Gilberto (1997).
Hidráulica General.
Ed. Limusa, México.

Steel Ernest, McGHee Terence (1981)
Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.
Ed. Gustavo Gili, España.

Suárez Salazar, Carlos (2006).
Costo y Tiempo en Edificación.
Ed. Limusa, México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000).
El Proceso de la Investigación Científica.
Ed. Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

www.wikipedia.com

web.usual.es

www.Arqcom.com

www.sistemescad.com

www.siapa.gob.mx

www.fotosearch.com

www.conectoresmineros.com

www.sumimet.com

Apuntes de la materia de Estructuras Metálicas 10º semestre

Apuntes de la materia de Geología de 6mo. Semestre.

Manual de diseño de bombas Hidráulicas (Bombas Verticales BNJ).

Catálogo de productos (EUREKA).

Catálogo de productos (FERREARAIZA).

Catálogo de productos (ARFI).

Catálogo de productos (SERVIOBRAS).

Catálogo de productos (Nassar Electronic).

Catálogo de productos (Especialistas Técnicos en Fluidos de Occidente).

Diario Oficial de la Federación (NOM-001-SEDE-2005).

CALCULO DE TUBERIA DE CONDUCCION POR BOMBEO "RUPEN JARAMILLO"

ANEXO "A"

PRESIONES ACTUANTES DE TRABAJO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
FORMULARIO	Var Anexo A				Cal. 2 + Cal.3	Cal. 3 + Cal.4		Cal.8 $\frac{0.025m}{1}$	$\frac{0.025m}{4}$	Var Tablas	Var Curvas	Var Cálculos	Cal.10 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.11 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.12 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.13 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.14 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.15 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.16 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.17 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.18 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.19 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.20 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.21 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.22 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.23 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.24 $\frac{0.025m}{4}$	Cal.25 $\frac{0.025m}{4}$
Nº DE CRUCEO	CADERMIENTO	NIVEL DE TERRENO NATURAL (ELEV.)	ALTURA DE SUCCION (ELEV.)	ALTURA DE TANQUES ELEV. Y SUP. (M)	NIVEL DE DESCARGAS O L.P.E. (ELEV.)	NIVEL DE SUCCION (ELEV.)	DIAMETRO DE TUBERIA (PULG.)	ÁREA INTERIOR DE TUBO (M ²)	ROGOSIDAD	TRAMO	TIPO DE TUBERIA	LONGITUD PROPIA	LONGITUD ACUMULADA	GASTO DE DISEÑO (L/S)	VELOCIDAD (M/S)	FACTOR K SEGUN MANNING	CARGA POR PERDIDAS FRICCIÓN SEGUN MANNING (M.C.A.)	CARGA POR PERDIDAS LOCALES (M.C.A.)	CARGA POR PERDIDAS ACUMULADA (M.C.A.)	CARGA DE VELOCIDAD (M.C.A.)	CARGA DE POSICIÓN (M.C.A.)	CARGA ACTUANTE (M.C.A.)	CARGA ACTUANTE (KG/CM ²)	CARGA RESISTENTE (KG/CM ²)	CALIBRE, ØO. ØCÓDULO	CARGA ACTUANTE (ELEV.)		
22	1-888.888	418.248		15.888	433.248		8	0.0524	0.0024	0.005	24-28	0	0	38	0.83	1.6442				0.138	0.888	0.138	0.814	307 kg/cm ²	Ø80	433.348		
24	1-875.888	418.248		5.888	423.248		8	0.0524	0.0024	0.005	24-28	0	0	38	0.83	1.6442	45.3622	1.248	0.887	1.987	0.888	0.888	1.158	0.888	Ø80	423.348		
28	1-858.888	418.248					8	0.0524	0.0024	0.005	22-28	0	0	38	0.83	1.6442				0.138	0.888	0.138	0.814	307 kg/cm ²	Ø80	423.348		
13	1-823.888	415.438					8	0.0524	0.0024	0.005	28-18	PVC	34.888	64.888	38	0.83	1.6442	18.3863	0.535	0.838	1.927	0.138	0.748	15.845	1.384	Ø80	435.275	
18	1-633.288	408.738					8	0.0524	0.0024	0.005	13-18	PVC	104.888	245.488	38	0.83	1.6442	18.3863	1.154	0.158	5.233	0.138	32.488	37.857	3.784	Ø80	438.587	
17	1-488.828	382.248					8	0.0524	0.0024	0.005	18-17	PVC	232.888	484.788	38	0.83	1.6442	18.3863	1.374	0.138	5.488	0.138	54.888	64.545	0.855	Ø80	442.752	
C.	1-338.888	381.738					8	0.0524	0.0024	0.005	17-C.	PVC	7.148	488.328	38	0.83	1.6442	18.3863	0.122	0.886	5.536	0.138	54.488	64.154	0.145	Ø80	442.884	
15	1-348.888	375.288					8	0.0524	0.0024	0.005	C.-15	PVC	53.888	548.888	38	0.83	1.6442	18.3863	1.828	0.851	18.687	0.138	56.388	67.597	0.754	Ø80	443.812	
15	1-183.538	356.828					8	0.0524	0.0024	0.005	15-15	PVC	156.418	705.818	38	0.83	1.6442	18.3863	2.573	0.134	18.444	0.138	67.138	88.744	0.874	Ø80	446.744	
14	1-185.888	358.338					8	0.0524	0.0024	0.005	15-14	PVC	78.558	785.888	38	0.83	1.6442	18.3863	1.543	0.887	14.824	0.138	76.888	87.841	0.784	Ø80	448.174	
13	0-551.238	322.838					8	0.0524	0.0024	0.005	14-13	PVC	113.718	897.318	38	0.83	1.6442	18.3863	1.543	0.887	16.864	0.138	84.528	86.122	0.812	Ø80	450.242	
12	0-385.548	354.238					8	0.0524	0.0024	0.005	13-12	PVC	85.758	983.868	38	0.83	1.6442	18.3863	1.465	0.873	18.482	0.138	84.328	88.468	0.846	Ø80	451.758	
14	0-855.158	358.838					8	0.0524	0.0024	0.005	12-14	PVC	43.358	1027.458	38	0.83	1.6442	18.3863	0.844	0.842	15.288	0.138	82.388	88.888	0.181	Ø80	452.638	
11	0-588.888	348.468					8	0.0524	0.0024	0.005	11-18	PVC	256.458	1288.888	38	0.83	1.6442	18.3863	4.377	0.243	29.884	0.138	84.258	108.772	0.877	Ø80	457.232	
3	0-433.888	347.538					8	0.0524	0.0024	0.005	8-3	PVC	188.448	1478.748	38	0.83	1.6442	18.3863	1.711	0.886	25.881	0.138	85.688	114.438	1.158	Ø80	459.828	
8	0-453.248	342.558					8	0.0524	0.0024	0.005	3-8	PVC	46.838	1425.348	38	0.83	1.6442	18.3863	0.737	0.848	26.517	0.138	88.688	117.315	1.173	Ø80	459.842	
7	0-385.828	326.888					8	0.0524	0.0024	0.005	8-7	PVC	147.448	1572.788	38	0.83	1.6442	18.3863	2.545	0.126	23.163	0.138	106.458	135.748	13.574	Ø80	462.518	
5	0-288.888	324.848					8	0.0524	0.0024	0.005	2-5	PVC	25.828	1608.688	38	0.83	1.6442	18.3863	0.666	0.822	23.626	0.138	102.478	138.334	13.833	Ø80	462.374	
5	0-252.838	324.888					8	0.0524	0.0024	0.014	5-5	PVC	27.328	1636.528	38	0.83	1.6442	18.3863	1.957	0.818	38.848	0.138	112.138	143.184	14.314	Ø80	464.188	
4	0-175.838	311.378					8	0.0524	0.0024	0.014	5-4	A-S-C.	77.888	1714.528	38	0.83	1.6442	18.3863	1.984	0.155	34.183	0.138	124.848	156.161	15.616	Ø80	467.554	
3	0-154.888	308.828					8	0.0524	0.0024	0.014	6-3	A-S-C.	28.288	1743.888	38	0.83	1.6442	18.3863	0.836	0.842	35.861	0.138	124.338	157.583	15.553	Ø80	468.483	
2	0-158.788	306.738					8	0.0524	0.0024	0.014	3-2	A-S-C.	16.188	1760.888	38	0.83	1.6442	18.3863	0.666	0.833	35.788	0.138	125.428	162.318	16.232	Ø80	469.188	
1	0-888.888	284.838	1.5			783.51	8	0.0524	0.0024	0.014	2-1	A-S-C.	138.288	1909.888	38	0.83	1.6442	18.3863	5.285	0.282	44.282	0.138	143.282	185.628	18.562	Ø80	475.138	

NOTAS: EL ANEXO B DEPENDE DIRECTAMENTE DE LOS CÁLCULOS DEL ANEXO A
 PARA EL ANÁLISIS NO SE TOMA EN CUENTA EL CRUCEO 21 YA QUE EL TANQUE ELEVADO TIENE UNA TUBERIA DE DESCARGA MAS LARGA Y ES MAS ALTO.
 PARA MAS INFORMACION VER ANEXO A EN PERFIL TOPOGRAFICO Y PLANTA TOPOGRAFICA.
 LOS NUMEROS MARCADOS EN AZUL INDICAN CAMBIO DE CALIBRE O DE TUBERIA Y LOS MARCADOS CON ROJO NO SE USAN EN CALCULO.
 EN LA COLUMNA 9 EL CRUCEO 22 INICIA DE LA ELEVACION DEL TANQUE ELEVADO O COLUMNA 10 MISMO PARA EL CRUCEO 1 SE USA LA COLUMNA 7
 EN LA COLUMNA 24 LA ELEVACION DEL CRUCEO 1 SE OBTIENE ASI C.14-C.17, EL LECTOR PUEDE VERIFICAR

CALCULO DE TUBERIA DE CONDUCCION POR BOMPEO "RUBEN / ARRAJILLO".

ANEXO D

PRESIONES POR GOLPE DE ARIETE

30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
FORMULARIO		$\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	Ver. $\frac{D \times 100}{L}$	
PROPIEDADES DE AGUA... TUBERIA													PROP. DE OJERO														
Nº DE CRUCERO	CADERMIENTO	DIAMETRO DE TUBERIA (PULG.) (CM)	TIPO DE TUBERIA	VELOCIDAD (M/S)	TRAMO	ESPESOR DE LA TUBERIA (CM)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (KG/CM ²)	MÓDULO VOLUMETRI CO DEL AGUA (KG/CM ³)	LONGITUD POR CADA CALIBRE (M)	VELOCIDAD DEL SONIDO DENTRO DEL AGUA (M/S)	CELERIDAD POR TRAMO (M/S)	RELACION LONGITUD - CELERIDAD (M/S)	CELERIDAD MEDIA (M/S)	COMPORTAMIENTO O LONGITUD DE ONDA (M)	LONGITUD DE DESARROLLO O CONSTANT E DE ONDA (M)	MG PRESION POR GOLPE DE ARIETE SIN DISPOSITIVO (M.C.A)	MG PRESION CON DISPOSITIVO ANTI GOLPE DE ARIETE (M.C.A)	FACTOR NG/(H/2)	SOBREPRESION (ELEV)	SUPRESION (ELEV)	CARGA ACTUANTE SOBREPRESION (M.C.A)	CARGA ACTUANTE SUPRESION (M.C.A)	CARGA ACTUANTE SOBREPRESION (KG/CM ²)	CARGA ACTUANTE SUPRESION (KG/CM ²)	CARGA RESISTENTE (KG/CM ²)	CALIBRE ED - CÉDULA	
22	1-888.888	8	15.24	1.5445															455.2188	455.2188	8.888	8.888	8.888				
21	1-875.888	8	15.24	1.5445	22-50	8.211	2188888	28678	38.888	1425.888	1234.3215	8.8232							455.2188	455.2188	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	
20	1-858.888	8	15.24	1.5445															455.2188	455.2188	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742
19	1-825.888	8	15.24	1.5445															455.2188	455.2188	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742
18	1-855.888	8	15.24	1.5445															455.2188	455.2188	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742
17	1-885.888	8	15.24	1.5445															455.2188	455.2188	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742
16	1-348.888	8	15.24	1.5445	28-18	8.438	23888	28678	518.888	1425.888	873.4582	1.8558	568.6258	488.3154	1533.5835	58.4248	12.8848	8.8247	445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
15	1-185.558	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
14	1-185.888	8	15.24	1.5445	18-18	8.548	23888	28678	232.888	1425.888	514.5814	8.7544							445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
13	1-831.238	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
12	1-885.548	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
11	1-855.158	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
10	1-888.888	8	15.24	1.5445	14-18	8.635	23888	28678	585.888	1425.888	335.5288	1.5887							445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
9	1-855.838	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
8	1-855.258	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
7	1-885.828	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
6	1-288.888	8	15.24	1.5445	18-8	8.882	23888	28678	328.888	1425.888	875.4885	8.8525							445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
5	1-252.888	8	15.24	1.5445	8-5	1.825	23888	28678	37.378	1425.888	873.8155	8.8533							445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
4	1-875.838	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
3	1-154.888	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
2	1-158.788	8	15.24	1.5445															445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
1	1-888.888	8	15.24	1.5445	8-8	8.711	2188888	28678	372.888	1425.888	1234.3215	8.8245							445.2348	424.1252	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555	44.845	55.555
									$\sum_{D=8}$ 1188.888		$\sum_{D=8}$ 5.2322																

NOTAS: EL ANEXO D DEPENDE DIRECTAMENTE DE LOS CALCULOS DEL ANEXO A
 PARA EL ANALISIS NO SE TOMA EN CUENTA EL CRUCERO 21 YA QUE EL TANQUE ELEVADO TIENE UNA TUBERIA DE DESCARGA MAS LARGA Y ES MAS ALTO.
 PARA MAS INFORMACION VER ANEXO C EN PERFIL TOPOGRAFICO Y PLANTA TOPOGRAFICA.
 LA COLUMNA 48 SE BASA EN LA NUMERACION DE LOS CRUCEROS, ES NECESARIO REVISAR Y OBSERVAR LA COLUMNA 50 LA DE TRAMO TAMBIEN EN ESTA SE BASA.
 PARA LAS COLUMNAS 45, 46, 47, 48, 49, FUE NECESARIO EL CRITERIO DE ALIEVI DE ONDA LARGA DEDIDO A QUE $L > \frac{1}{2} \lambda$ VER PERFIL TOPOGRAFICO DE ANEXO A
 EL VALOR DE LA COLUMNA 45 SE TOMA DE EL SISTEMA TIEMPO DE LLEGADA DE ONDA
 PARA LAS COLUMNAS 58 Y 51 NO SE QUE COINCIDE CON EL CRUCERO C, ESTO SE DEBE A QUE DICHO CRUCERO DEPENDE DE LA DISTANCIA NECESARIA PARA DESARROLLAR LA ONDA DE PRESIONES POR ESTO QUE SE COLOCA EL COLOR VERDE A CADA ELEMENTO DE ESTA FILA.
 PARA LA COLUMNA 58 DEL CRUCERO 17 AL 22 LA FÓRMULA ES LA SIGUIENTE $\frac{D \times 100}{L} \times C_{EL}$ DEL CRUCERO C, AL 4 LA FÓRMULA ES LA SIGUIENTE $C_{EL} \times \frac{D \times 100}{L}$
 PARA LA COLUMNA 51 DEL CRUCERO 17 AL 22 LA FÓRMULA ES LA SIGUIENTE $\frac{D \times 100}{L} \times C_{EL}$ DEL CRUCERO C, AL 4 LA FÓRMULA ES LA SIGUIENTE $C_{EL} \times \frac{D \times 100}{L}$

