

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE CONTROL MÓVILES, TANQUES REPARTIDORES DE CAUDAL Y TANQUES ROMPE PRESIÓN

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

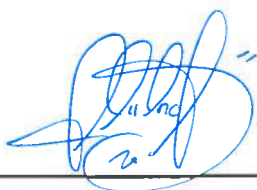
ÁVILA ORTIZ, ÁLVARO ROGELIO

Director: Ing. Coronel Sacoto, Diego Fernando

Cuenca, septiembre de 2019

DECLARACIÓN

Yo, Álvaro Rogelio Ávila Ortiz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

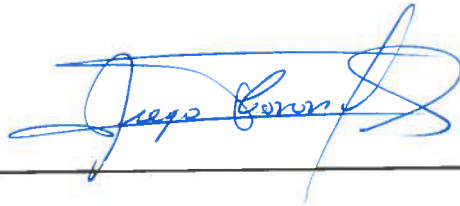


ALVARO AVILA ORTIZ

TESISTA

CERTIFICACIÓN

Yo, Diego Coronel Sacoto, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el estudiante ÁLVARO ÁVILA ORTIZ, bajo mi supervisión.



ING. DIEGO CORONEL SACOTO

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de Tesis a mi familia, que han estado conmigo en cada una de las etapas de mi vida, siendo un apoyo incondicional, brindándome su amor, su entrega, su confianza, son un ejemplo para mí y agradezco a Ellos estar hoy terminando una etapa más.

AGRADECIMIENTO

Para poder realizar este proyecto de tesis de la mejor manera fue necesario el apoyo de muchas personas a quienes quiero dejar constancia de mi sincera gratitud.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza durante todo este proyecto, a mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi vida y un apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

Agradezco también a mi director de Tesis Ing. Diego Coronel Sacoto, por su tiempo y entrega dedicado para la culminación con éxito de esta etapa de mi carrera.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO 1: HIDROMETRÍA	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Definición	2
1.3 Sistema hidrométrico	3
1.3.1 Red hidrométrica.....	3
1.3.2 Puntos de Control.....	4
1.3.3 Registro de datos	4
1.3.4 Reporte	5
1.4 Importancia de la Hidrometría.....	5
1.5 Objetivo General.....	5
1.6 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO 2: CONCEPTO Y PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y RED DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA DIFERENTES FINES	6
2.1 Captaciones.....	6
2.2 Conducciones	7
2.2.1 Línea de conducción	7

2.3 Almacenamiento	8
2.4 Distribución	9
2.5 Elementos que se pueden construir en serie	9
CAPÍTULO 3: DISEÑO HIDRÁULICO DE ELEMENTOS	13
3.1 Tanques.....	13
3.1.1 Definición	13
3.1.2 Tipos de Tanques Reservorios	13
3.1.3 Formas de Tanques Reservorios	14
3.1.4 Clasificación de Tanques Reservorios	16
3.1.5 Métodos de entrega de agua de riego.....	17
3.2 Elementos de control de fluidos.....	17
3.2.1 Vertederos.....	17
3.2.2 Orificios Circulares y Rectangulares	19
3.3 Accesorios para Control.....	22
3.3.1 Flotadoras	22
3.3.2 Compuertas.....	23
3.4 Control de presión	25
3.4.1 Tanques rompe presión para diámetro menor o igual a 40 mm.....	25
CAPÍTULO 4: MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN	27
4.1 Hormigón simple.....	27
4.2 Policloruro de Vinilo (PVC)	29
4.2.1 Ventajas y Desventajas de los tubos PVC	31
4.3 Materiales alternativos.....	31
4.3.1 Fibra de vidrio	32
4.4 Análisis comparativo	34
CAPÍTULO 5: DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS MÓVILES.....	37
5.1 Análisis de Rangos Comunes de Caudales.....	42

5.2 Planteamiento de Tanques Repartidores con Diferentes Asignaciones de Caudal para Diferentes Sectores	46
5.3 Compuertas para Entrega de Agua a Parcela	48
5.4 Tanque de Fibra de Vidrio	48
5.5 Elaboración práctica del tanque rompe presiones	52
5.6 Fabricación De Elementos De Fibra De Vidrio	54
5.6.1 Construcción Pre-Molde	55
5.6.2 Fabricación Molde	56
5.6.3 Fabricación Prototipos.....	56
5.7 Criterios, Diseño E Idealización De La Estructura	57
5.8 Ecuaciones De Calculo.....	59
5.8.1 Para Vertederos Rectangulares	59
5.8.2 Para Vertederos Triangulares	60
5.8.3 Orificios de Descarga Libre	61
5.8.4 Determinación del Coeficiente de Descarga	63
5.9 Calculo De Vertederos.....	64
5.9.1 Vertedero Rectangular	65
5.9.2 Vertedero Triangular	67
5.10 Planos Del Diseño	68
5.11 Construcción Del Prototipo	69
5.12 Metodología De Los Ensayos Realizados	74
5.12.1 Caudales de abastecimiento de agua para los ensayos	74
5.12.2 Caudal de Prueba	74
5.13 Metodología Empleada	75
5.14 Funcionamiento Del Sistema	76
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
6.1 Conclusiones	78

6.2 Recomendaciones	79
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistemas hidrométricos	3
Ilustración 2: Captaciones	6
Ilustración 3: Línea de conducción en la red de abastecimiento.	7
Ilustración 4: Almacenamiento	8
Ilustración 5: Tipos de redes de distribución de agua (Ramificada/malla)	9
Ilustración 6: Distribución de agua	10
Ilustración 7: Esquema red de distribución de agua	11
Ilustración 8: Red tipo distribución ramificada	12
Ilustración 9: Red de distribución parrilla.....	12
Ilustración 10: Forma de tanque de concreto	14
Ilustración 11: Tanque de mampostería, planta	15
Ilustración 12: Vertederos.....	18
Ilustración 13: Orificios según el nivel del agua, aguas abajo	20
Ilustración 14: Orificios en pared delgada y gruesa.....	21
Ilustración 15: Vertedero de orificio circular.....	21
Ilustración 16: Tubería de PVC	30
Ilustración 17: Sistema de abastecimiento de agua por gravedad	37
Ilustración 18: Sistema de captura y distribución de agua a partir de caudales naturales.....	39
Ilustración 19: Cámara rompe presión	40
Ilustración 20: Deducción de Bernoulli a través del flujo permanente y uniforme.	41
Ilustración 21: Tipos de canales	42
Ilustración 22: Tipos de flujos	43
Ilustración 23: Caja rompe presiones tipo	47
Ilustración 24: Tanque cilíndrico con estabilizadores	48
Ilustración 25: Dimensiones del tanque rompe presiones según el diseño hidráulico.....	52
Ilustración 26: Esquema general de un proceso de fabricación de piezas de plástico reforzado	54

Ilustración 27: Metodología de Construcción de Prototipos en Fibra de Vidrio	55
Ilustración 28: Isometría del Tanque Repartidor de Caudales.....	58
Ilustración 29: Vertedero Rectangular, Partes Constitutivas	60
Ilustración 30: Vertedero Triangular. Partes Constitutivas.....	61
Ilustración 31: Orificio de Descarga Libre.....	62
Ilustración 32: Orificio de Descarga Sumergida	63
Ilustración 33: Vertedero rectangular y triangular del proyecto.	64
Ilustración 34: Comportamiento de Vertedero Rectangular B=7.50cm.....	66
Ilustración 35: Comportamiento de un vertedero triangular Angulo de 15 Grados	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los vertederos	18
Tabla 2: Categorías y clases de exposición del hormigón	28
Tabla 3: Límite de presión de trabajo en una tubería de PVC	30
Tabla 4: Ventajas y desventajas del uso de fibra de vidrio como material de construcción	33
Tabla 5: Peso por unidad de área.....	34
Tabla 6: Comparación entre la capacidad de aislamiento de la fibra de vidrio y otros materiales.....	36

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Proceso de construcción del pre-molde con Madera MDF	69
Fotografía 2. Utilización de MDF en varias capas para modelar elementos ...	69
Fotografía 3. Unión de MDF mediante clavos.	70
Fotografía 4. Unión de placas de MDF mediante pegamento y Clavos	70
Fotografía 5. Creación del pre-molde en MDF, elementos horizontales, verticales y otros.	70
Fotografía 6. Vista interior del pre-molde de MDF	71
Fotografía 7. Elaboración de Rigidizador de MDF para Pre-molde.....	71
Fotografía 8. Montaje de Rigidizadores en Pre-molde de MDF	71
Fotografía 9. Fondo sobre el pre-molde.	72
Fotografía 10. Fondo terminado sobre el pre-molde	72
Fotografía 11. Elaboración del Pre-Molde.....	73
Fotografía 12. Estructura de metal para evitar deformaciones sobre el MDF .	73
Fotografía 13. Finalización de la construcción	73
Fotografía 14. Abastecimiento y recirculación de agua sobre el prototipo	75
Fotografía 15. Abastecimiento y funcionamiento de vertederos.....	75
Fotografía 16. Paso de agua y determinación de niveles en el vertedero triangular.	76
Fotografía 17. Paso de agua por vertederos y salidas por tuberías de PVC 50mm	77

RESUMEN

La mala distribución de caudales hidráulicos, derivados de la deficiente presencia y diseño de estructuras de control, es un problema multidimensional. La hidrometría juega un papel muy importante pues, esta trata métodos de medición y control de caudales. Es necesario entonces aplicar procedimientos de aforo, registro y análisis de los volúmenes de agua circulantes en un sistema hidráulico; y establecer puntos de control para la evaluación.

Los componentes principales de un sistema de abastecimiento de agua son: la captación, conducción y red de distribución, en donde se reconocen como elementos de control los tanques de almacenamiento, vertederos, orificios, repartidores; y como accesorios de control: flotadoras, compuertas, etc. Se distinguen entre los materiales constitutivos de estos el Hormigón, PVC y se analiza la posibilidad de utilizar como material alternativo para la fabricación de estos elementos la fibra de vidrio.

La fibra de vidrio como componente principal de los elementos y accesorios de control puede presentar ventajas respecto a los materiales comúnmente utilizados, es por ello que se analiza el desempeño hidráulico de este mediante la fabricación de un prototipo de tanque equipado de elementos y accesorios de control.

Con la utilización de modelos hidráulicos tradicionales, se puede crear condiciones que son posibles recrearlas en la práctica mediante dicho prototipo para validar estos métodos de cálculo.

La fibra de vidrio es un material de alta resistencia, durable, liviano, eficiente y seguro para la fabricación de estos dispositivos. Esta propuesta representar una solución a diversos problemas constructivos que se encuentran en la actualidad.

Palabras clave: Hidrometría, Fibra de vidrio, Elementos de control, Accesorios de control.

ABSTRACT

The hydraulic problems derived from the deficient control of flows for the use of the population is a multidimensional problem, where hydrometry plays a very important role because it deals with those methods of measurement and control of flow rates, In this context, it is necessary to apply measurement, recording and analysis procedures of the volumen of wáter circulating in a hydraulic evaluation of this.

There are distinguished as the main components of a hydraulic system: the collection, conduction and distribution network, where storage tanks, landfills and holes are recognized as control elements; and as float control accessories, gates, etc. In addition, they distinguish between the constituent materials of these concrete, PVC and the possibility of using as alternative material for the manufacture of those elements fiberglass witch is the core issue of the present is analyzed.

Fiberglass as the main component of the elements and control accesories can present adventages over the materials commonly used in the environment, during the construction process and operation, it is for them that in the present is analyzed the hydraulic perfomance of this through the manufacture of a tank prototype equipped with control elements and accessories.

With the use of traditional hydraulic models, it is possible to model hydraulic conditions that are possible to recreate in practice by means of said prototype. In addition to making adjustments and validating these hydraulic models.

Fiberglass has proven to be a high strength, durable, lightweight, efficient and safe material for the manufacture of these devices. This proposal could represent a solution to the varios constructive problems that are currently encountered, reducing time, labor and costs.

Key words: Hydrometry , Fiberglass, Control Elements, Control Accessories

CAPÍTULO 1: HIDROMETRÍA

1.1 Generalidades

Uno de los problemas del sistema de abastecimiento de agua se genera a partir de un deficiente control de los caudales del agua para su uso por parte de la población, ya sea para fines domésticos o en actividades económicas, por lo que es un problema multidimensional que abarca lo económico, lo social y lo ecológico, que se puede englobar dentro del área de las políticas públicas. En este sentido, es sustancial la óptima administración de los cuerpos de agua con disposición de caudales. El caudal es el volumen de agua que atraviesa por una determinada zona, ya sea un canal o un conducto en un período de tiempo; se mide en volumen de agua por unidad de tiempo (Ministerio de Agricultura de Chile, 2000).

La hidrometría básicamente se encarga del proceso de medición de las cantidades de agua que atraviesan una parte transversal de un río, canal o tubería. En este contexto, para el hidrólogo resulta necesario poseer el conocimiento requerido acerca de los niveles y caudales de una zona definida, con la finalidad de determinar las particularidades de una cuenca, o para conocer la conducta de la corriente (Marbello, Hidrometría y aforo de corrientes naturales , 2014).

Por otra parte los sistemas de abastecimiento de agua para diferentes propósitos están constituido por varios componentes que permiten dotar de este líquido a los asentamientos humanos, satisfacer sus necesidades y sus procesos de producción.

Los sistemas de dotación de agua poseen componentes construidos en lugares de difícil acceso, esto debido a que las captaciones de aguas superficiales se hallan en terrenos de topografía irregular que se sitúan en las partes altas de la cuenca hidrográfica. Estos lugares no permiten realizar procesos constructivos tradicionales a costos bajos.

La construcción de estructuras hidráulicas por métodos tradicionales (Hormigón Simple) en lugares de difícil acceso conlleva un incremento considerable del costo, puesto que una de las variables que influye directamente en su precio es

el transporte de materiales hasta el lugar de emplazamiento, ya que en muchas ocasiones el acarreo se lo realiza a grandes distancias.

Es por eso por lo que se ha visto la necesidad de buscar soluciones a bajo costo con nuevos sistemas constructivos y materiales de fácil transporte.

Como prototipo investigativo se ha planteado la posibilidad de usar materiales livianos como: fibra de vidrio y otros secundarios que se definirán en el presente.

Se construyó un sistema de división, aforo y regulación de caudales, el modelo de cálculo preliminar se lo realizará con los métodos tradicionales, la puesta a prueba del sistema permitirá validar los métodos de cálculo y posteriormente realizar el ajuste de las ecuaciones de cálculo, evaluar el sistema fabricado y realizar el análisis de los resultados obtenidos.

1.2 Definición

La hidrometría es uno de los elementos que conforman la hidrología, y su objetivo es medir, registrar, calcular, y analizar el caudal de agua que circula por una conducción de carácter libre o cerrado. Su procedimiento consiste en realizar una planificación, implementación y procesamiento de los datos que se han registrado acerca de un sistema de riego perteneciente a cuenca hidrográfica. Esto tiene dos finalidades: en primer lugar, obtener información acerca de la cantidad de agua de la que se dispone en la fuente; y segundo, medir cuan eficiente es la manera en la que se distribuye el recurso (Franquet, 2009).

Según Marbello (2014) la hidrometría es la parte conformante de la hidrodinámica, que tiene por particularidad el ser aplicada. Además, se encarga estipular las metodologías necesarias para la medición de la velocidad y fuerza con la que se mueve un líquido. Asimismo, se encarga de medir los niveles de agua, su concentración y los sedimentos transportados; y los levantamientos altimétricos tanto longitudinales como transversales en lo concerniente a los caudales pertenecientes a masas de agua y corrientes naturales.

1.3 Sistema hidrométrico

Son actividades y procedimientos aplicados a la medición, registro y análisis de las cantidades de agua que circulan a través de un sistema hidráulico, con la finalidad de planificar, realizar correcciones y efectivizar la repartición del líquido en el mismo, se maneja mediante una red hidrométrica (Ministerio de Agricultura del Uruguay, 2005).

De acuerdo con Gaucin (2012) se trata de actividades fundamentales que constituyen la base de operación de los distritos y unidades de riego; son aquellas acciones que implican la medición del agua en sus diferentes fases, desde la extracción de las fuentes de suministro hasta la entrega a los consumidores.

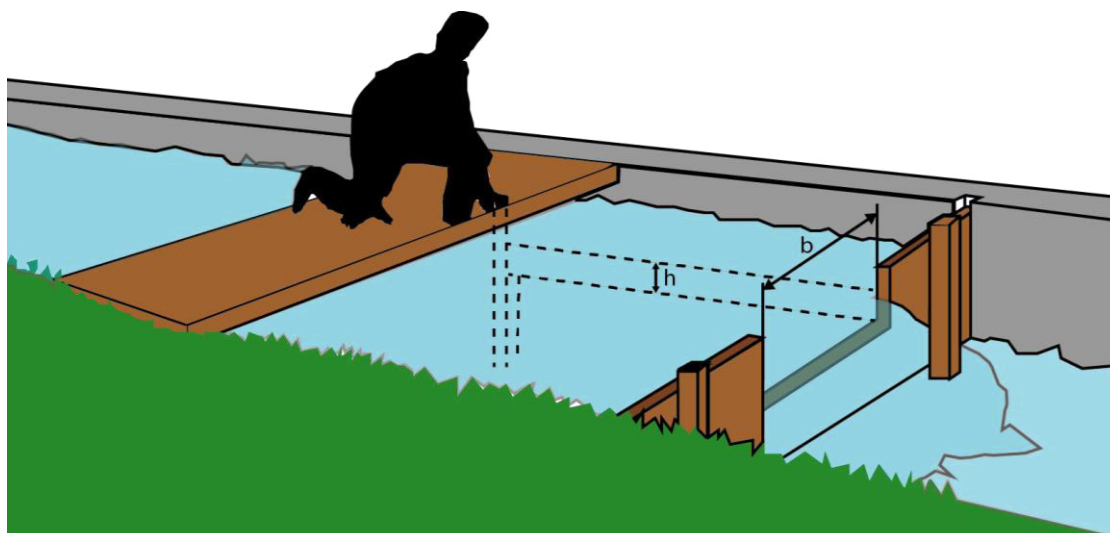


Ilustración 1: Sistemas hidrométricos

Fuente: <https://www.google.es/search?q=sistema+hidrometrico+fotos&source=lnms&tb>

1.3.1 Red hidrométrica

Representa la agrupación de lugares cuya función es la de medir el agua, y que, además se encuentran emplazados de forma estratégica en un sistema hidráulico, con el fin de constituir una red que permita analizar la información obtenida (Franquet, 2009).

De acuerdo con el (Ministerio de Agricultura del Uruguay, 2005) el control y manipulación de la red hidrométrica brinda el conocimiento necesario para el análisis de la información de la mencionada red en las principales zonas de

control, así como, en las secundarias; para lo cual, es necesario programar actividades para la evaluación del comportamiento hidráulico y calcular la discrepancia de los aforos realizados.

1.3.2 Puntos de Control

Constituyen el lugar de una sección transversal en donde los caudales son registrados. Son de diferentes tipos, entre los cuales se tiene: presas de almacenamiento, obras de toma del canal principal, estaciones hidrométricas ubicadas en un río, compuertas de captación o de toma, entre otras (Franquet, 2009).

Para Gaucin (2012) el hecho de conocer la cantidad de agua extraída y entregada en los diferentes puntos de control, permite obtener beneficios técnicos, económicos, ambientales y sociales, de esta manera la medición de agua no solo significa la obtención de números, sino la determinación de un componente importante para el análisis integral sobre el uso del agua.

1.3.3 Registro de datos

Se trata de la recolección de información que permite elaborar un registro cuantitativo del caudal que atraviesa por el lugar en el que se encuentra un punto de control determinado. De acuerdo a las necesidades que exige la gestión del sistema, se registrarán los datos que puedan resultar útiles (Ministerio de Agricultura del Uruguay, 2005).

El registro de los datos puede ser de diversos tipos y obedecen al lugar en el que se encuentran los puntos de control, de esta forma se tiene a los siguientes:

- Registro de caudales con puntos de control ubicados en ríos.
- Ubicados en reservorios (salidas de agua)
- Caudales captados y entregados al sistema de riego, entre otros.

1.3.4 Reporte

Es el resultado del procesamiento de la información de campo obtenida, y que es mostrada al personal responsable de la operación del sistema de forma instantánea, es decir, en tiempo real (Ministerio de Agricultura del Uruguay, 2005).

1.4 Importancia de la Hidrometría

El cometido de la hidrometría es obtener información relevante, objetiva y muchas veces justa, al pasar por un procesamiento adecuado, brinde datos que permitan evaluar y mejorar la eficiencia y precisión en lo que respecta a la distribución de caudales (Pillco, 2014).

Según el Ministerio de Agricultura (2005) el empleo de datos obtenidos mediante las mediciones hidrométricas ordenadas es importantes porque proporcionan lo siguiente:

- Entregar información que permita generar previsiones en lo que respecta a la disponibilidad de agua (la importancia de ésta radica en la elaboración del balance hídrico y la planificación de agua para riego).
- Controlar el proceso de implementación de la repartición de agua.
- Determinar la eficiencia y apoyo para la solución de conflictos.

1.5 Objetivo General

Elaboración de un prototipo hidráulico móvil dotado de vertederos y orificios para la asignación de caudales a diferentes propósitos.

1.6 Objetivos Específicos

- Justificación de la Problemática existente.
- Análisis de material Liviano en la fabricación
- Diseño y construcción de las estructuras de control
- Diseño Final del prototipo.

CAPÍTULO 2: CONCEPTO Y PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y RED DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA DIFERENTES FINES

2.1 Captaciones

Es una parte fundamental del abastecimiento de agua; punto donde se realiza la toma de agua, puede ser de aguas superficiales, como la toma de un río, lago, etc., en cuanto a la calidad estas aguas son más vulnerables a la contaminación, pero es fácil determinar su origen. La captación es un proceso en el cual una estructura elaborada a base de concreto, recepta el agua, que luego será distribuido al consumo (Balladares & Guamán, 2012).

Se debe captar el caudal autorizado por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), para lo cual se debe diseñar la estructura hidráulica más adecuada que sea aprobada.

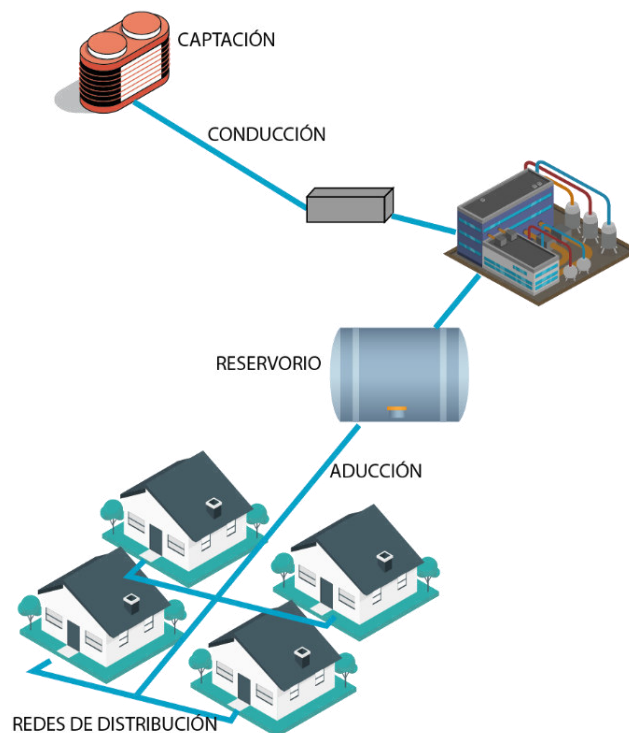


Ilustración 2: Captaciones

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guiaicalde/2sas/2-3sas.htm>

La red de distribución de agua, es el conjunto de instalaciones donde se realiza el abastecimiento mediante el transporte, desde el punto de captación hasta llegar al suministro, para el consumo del cliente o de los usuarios (Moliá, 2007).

2.2 Conducciones

2.2.1 Línea de conducción

Las líneas de conducción hacen referencia al conjunto de tuberías colocadas entre la zona de captación y la que corresponde a la planta de tratamiento o tanque de almacenamiento; se encuentra conformada por tramos de tubería y diversas estructuras de menor tamaño que llevan el suministro de agua desde la primera o segunda estructura mencionada hasta desembocar en la zona de reserva (reservorio) (Balladares & Guamán, 2012).

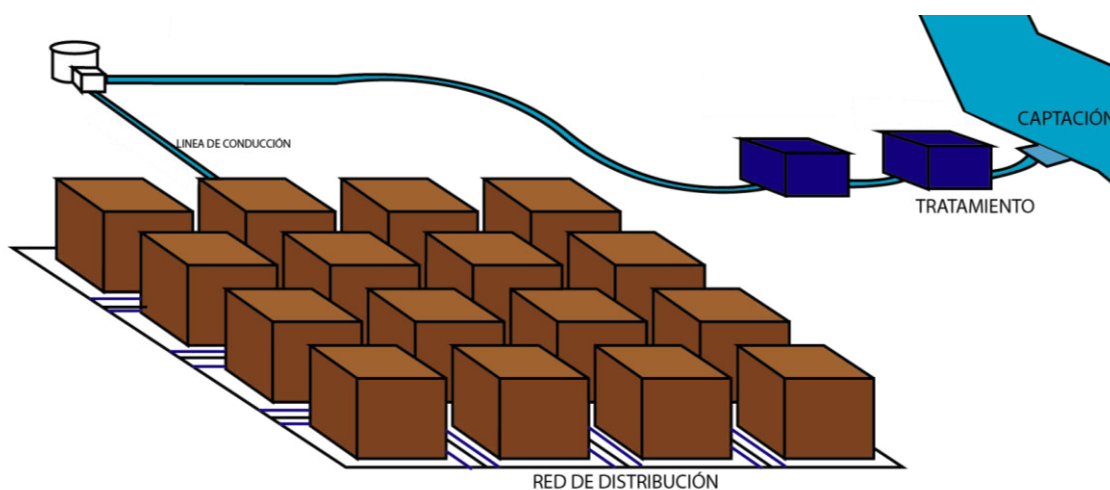


Ilustración 3: Línea de conducción en la red de abastecimiento.

Fuente: Álvaro Ávila

Con respecto a los sitios que poseen un grado elevado de pendiente, es necesaria la implementación de tómbos, cuya función es la de servir de reguladores de la presión del agua. Esto impide que se generen problemas o fallos a nivel de la tubería.

Según Gaucin (2012), la línea de conducción se mide por su eficiencia (E_c): Eficiencia de su conducción, es la relación que existe entre volumen de agua que

se entrega a los usuarios (V_n) y el volumen que se extrae de las fuentes de abastecimiento (V_b).

Fórmula de cálculo:

$$Ec = \frac{V_n}{V_b}$$

2.3 Almacenamiento

Este proceso se lo realiza a través de depósitos dentro de una red de distribución, se aconseja que el volumen de los depósitos sea equivalente al consumo del día es decir 24 horas, dependiendo de las características de las fuentes de suministro, ya que puede ser excesiva o escasa.

El depósito es una pieza clave para este proceso, su función es almacenar agua. Su capacidad mínima de almacenamiento será precisamente la del volumen de agua fluctuante, de tal manera que actúa como regularizador frente a la demanda superior y suministrada por la captación.

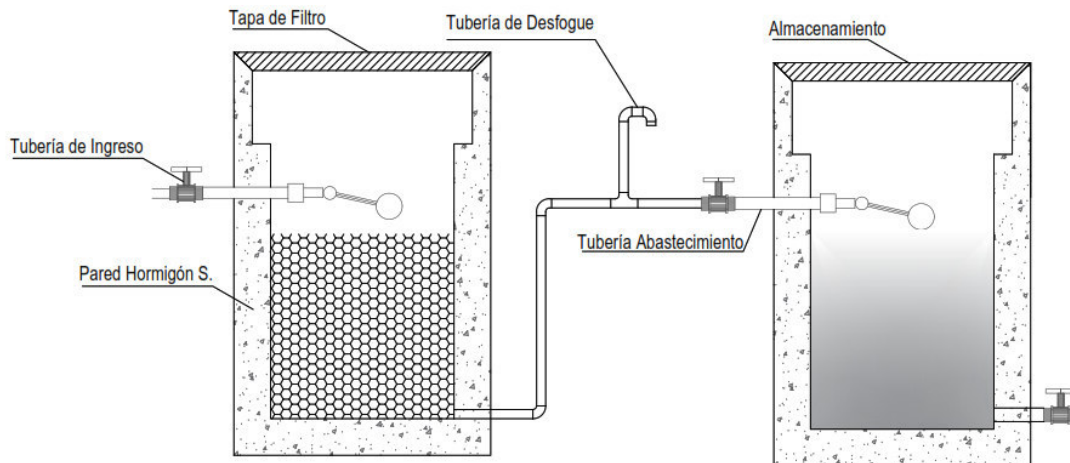


Ilustración 4: Almacenamiento

Fuente: Álvaro Ávila

Su capacidad está dada por la posición de equilibrio entre tiempo de abastecimiento cubierto, tiempo medio de estancia en la red y el aspecto

económico. Una reserva excesiva significa una inversión fuerte y al producir un tiempo de permanencia elevado se genera disminución de la calidad del agua.

Uno de sus aspectos importantes es que se debe disponer de una capacidad de almacenamiento para casos de emergencia. La circulación de agua en el depósito de almacenamiento debe analizarse para evitar zonas muertas, para esto la entrada y salida del mismo debe realizarse en puntos hidráulicamente opuestos (Moliá, 2007).

2.4 Distribución

La red de distribución según su función o localización por áreas pueden ser de dos tipos: ramificada y mallada, la diferencia se encuentra en su costo y calidad (Moliá, 2007).

- Red de distribución ramificada: Se encarga de unir los diferentes puntos de consumo con una única tubería.
- Red de distribución mallada: Es aquella que va formando cuadrículas, consiguiéndose que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo.

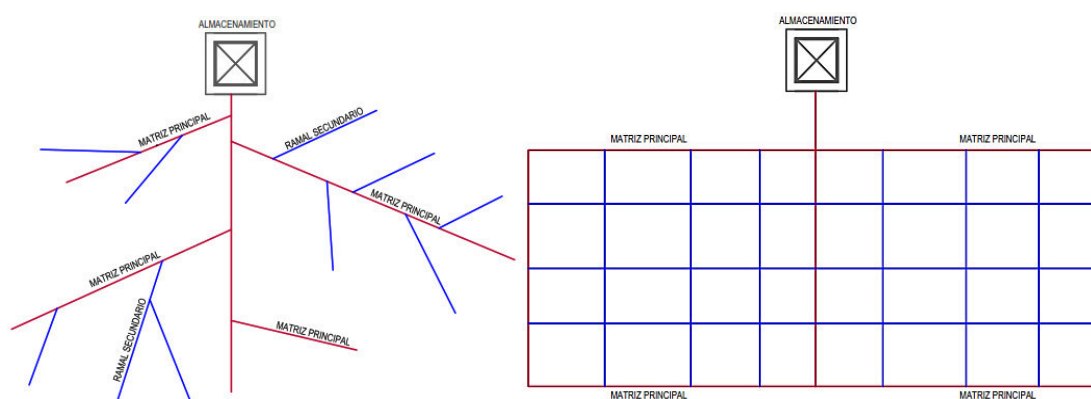


Ilustración 5: Tipos de redes de distribución de agua (Ramificada/malla)

Fuente: Álvaro Ávila

2.5 Elementos que se pueden construir en serie

Se conoce como el conjunto de elementos instalados en serie o en paralelo con el propósito de distribuir el agua a la población. A decir de Saramago (2013), para

que el agua llegue a la vivienda de la comunidad se requiere una red de tuberías, la cual por lo regular es mallada para evitar que una avería en un tramo, ocasione la pérdida de servicio de una zona amplia a la que sirve una determina red, siendo el material comúnmente utilizado polietileno, PVC, funcisicón o poliéster reforzado por fibra de vidrio (PRFV).

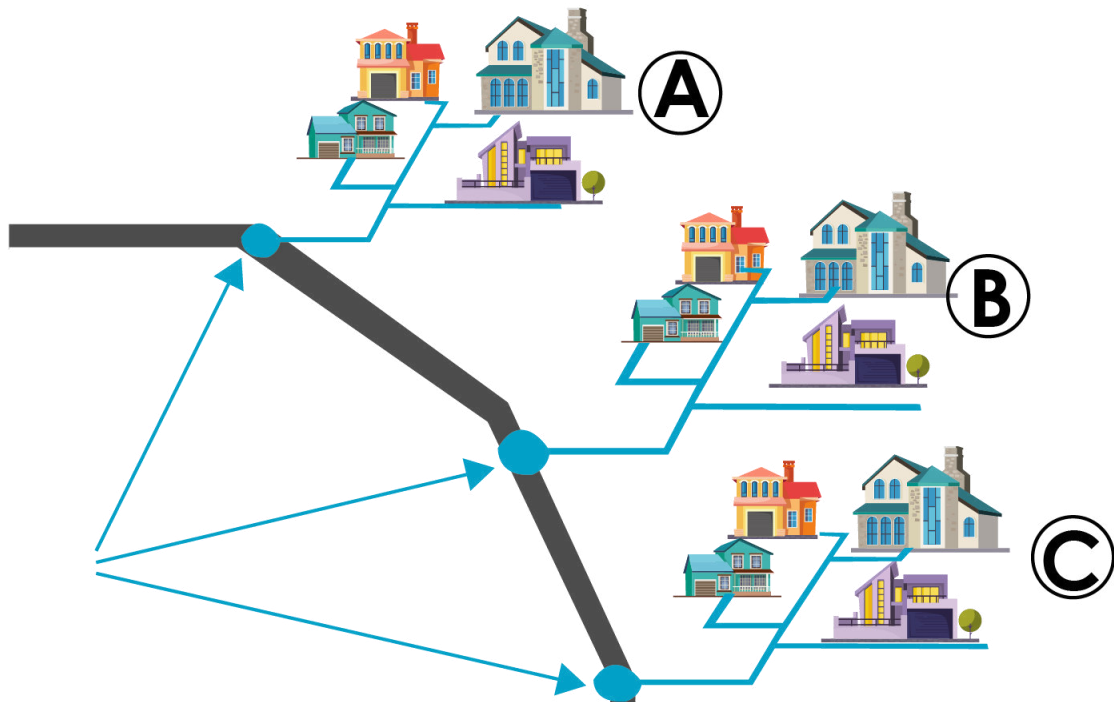


Ilustración 6: Distribución de agua
Fuente: (Saramago, 2013)

La red de distribución está conformada por varios elementos como son: nodos, líneas de aducción, redes secundarias y redes principales.

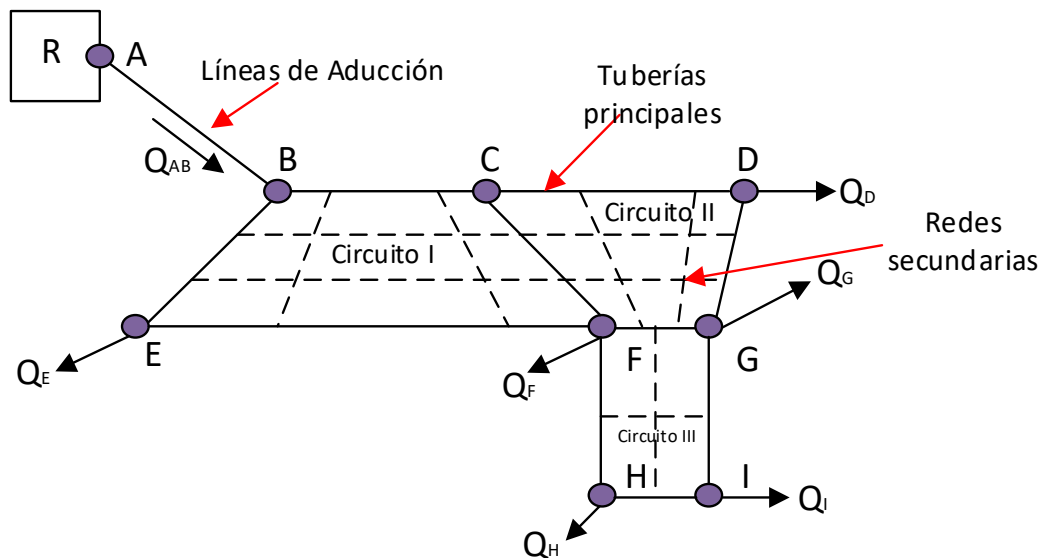


Ilustración 7: Esquema red de distribución de agua
Elaborado por: Álvaro Ávila

Se conoce como nodos al punto de cruce de una o más tuberías. Como se muestra en la Ilustración 6, desde A hasta I la tubería se conecta a través de distintos nodos. Las líneas de aducción conducen el agua desde el reservorio (R) hasta la bifurcación; las redes secundarias tienen como finalidad entrelazar las tuberías de la red principal que son las que encierra todo el circuito, ubicándose en zonas de mayor densidad poblacional, industria, etc.

Existen varios tipos de redes que consideran su clasificación como sistemas abiertos y cerrados; según Orellana (2014) el tipo de red distribución ramificada o espina de pescado tienen las siguientes características:

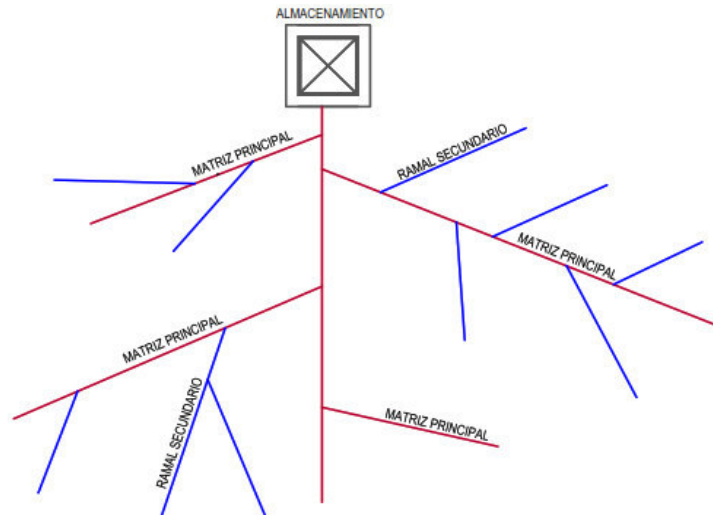


Ilustración 8: Red tipo distribución ramificada

Elaborado por: Álvaro Ávila

En este tipo de red es comúnmente utilizada en poblaciones que se encuentran localizadas en una vía principal, la misma que tiene la particularidad de disminuir su diámetro conforme se reparte el líquido a través de los ramales. Este tipo de red se utiliza particularmente en poblaciones pequeñas, tomando en cuenta las siguientes particularidades:

- El sentido de flujo es único,
- Los diámetros del tubo principal son decrecientes,
- Al existir interrupción, afecta la distribución aguas abajo, y
- Es aconsejable instalar en los puntos más bajos válvulas de purga para evitar acumulación de sedimentos.

El tipo de red parrilla, se utiliza igual en poblaciones pequeñas no muy extensas, cuya característica es que sus calles principales formen ejes paralelos.

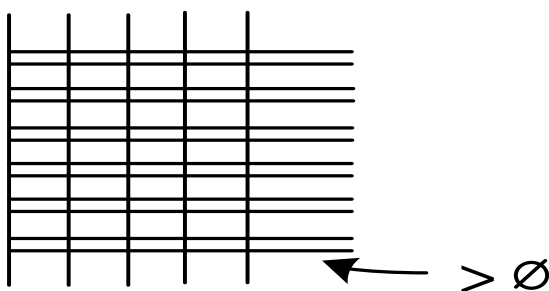


Ilustración 9: Red de distribución parrilla

Elaborado por: Álvaro Ávila

CAPÍTULO 3: DISEÑO HIDRÁULICO DE ELEMENTOS

3.1 Tanques

3.1.1 Definición

El tanque de almacenamiento es uno de los elementos del sistema cuya función radica en abastecer de agua a la población teniendo en cuenta que la demanda de la misma puede ser variable; de acuerdo a esto, cuando la demanda es baja en relación al gasto de llegada, el tanque almacenará el líquido, mientras que, cuando la demanda es alta se utilizará el agua que se encuentra acumulada (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Los tanques de regulación cumplen la función de modificar la conducción constante a un régimen de consumo, el cual, en las redes de distribución posee las mismas características; además, este tipo de tanques, debe cumplir con las normativas de seguridad y salubridad exigidas, sin dejar de ser eficiente.

Los tanques de almacenamiento constituyen un elemento esencial en todo sistema de abastecimiento de agua, su propósito fundamental es proveer una cantidad óptima con respecto a la demanda y su capacidad suficiente.

3.1.2 Tipos de Tanques Reservorios

Según la OPS (Organización Panamericana de la Salud) el tipo de alimentación de los reservorios pueden ser:

- **Reservorios de cabecera:** Son aquellos cuya fuente de alimentación directa es la planta de tratamiento, este proceso se lleva a cabo mediante el uso de la gravedad o por bombeo, lo que suscita una gran diferencia de presión entre las zonas que se encuentran fuera de la red de distribución.
- **Reservorios flotantes:** Su particularidad es que se encuentran localizados en los lugares más distantes de la red de distribución con relación a la planta de captación de agua. Su fuente de alimentación se realiza mediante procesos de bombeo o por gravedad; además, se encargan de almacenar agua durante los horarios en los que se presenta

un menor consumo y, por otra parte, abastece a la población en los horarios en los que se produce un elevado consumo de agua (OPS, 2005).

3.1.3 Formas de Tanques Reservorios

Dentro del sistema de derivación o distribución, se encuentran los tanques de regulación o almacenamiento, cuyo objetivo es realizar un cambio entre un régimen inicial de aportación, a un régimen de consumo variable. Un estudio realizado por Fernández, Martínez, Mendoza, Barajas, y Uribe (2005) señala que, entre los diferentes tipos y formas de tanques que se pueden dar para el almacenamiento y derivación de agua, se encuentran los siguientes:

- **Tanque de concreto**

El fundamento de la forma hidráulica que posee este tipo de tanque se sustenta en la dimensión del mismo y de sus accesorios, es decir, en su capacidad para brindar acceso a su interior, la salida para la distribución, la respiración, disponibilidad de escaleras y tuberías de alimentación de excesos y la caja de válvulas, tal como se evidencia en la siguiente ilustración:

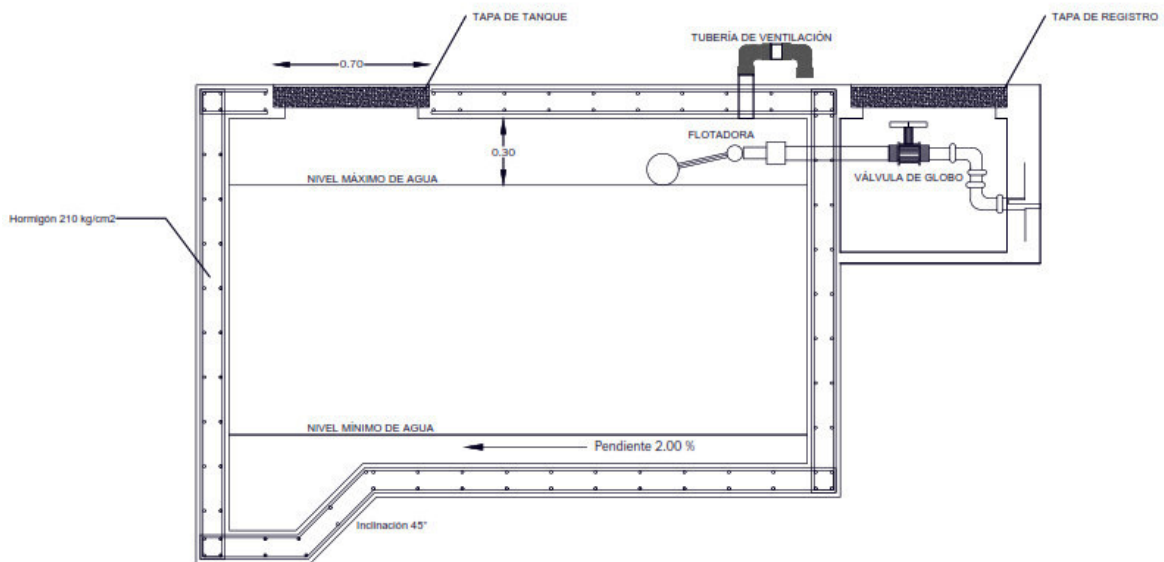


Ilustración 10: Forma de tanque de concreto

Fuente: Álvaro Ávila

- **Tanque de mampostería**

Tal como lo señala Fernández et al., (2005), la mampostería es un tipo de piedra braza, cuyos elementos conformantes son piedras sin labrar en estado natural, enlazadas mediante arena, cemento y mortero. La construcción de un tanque de mampostería implica la verificación del nivel inicial de descarga que posee el mecanismo encargado del desfogue, y que, además, guarde correspondencia con el máximo nivel de agua que ha sido especificado para un proyecto.

De igual manera, para la regularización de agua potable, este tipo de tanques deben contener dispositivos que permitan la ventilación a sus interiores, los cuales deben estar conformados por piezas y tuberías elaboradas en hierro fundido o cualquier tipo de material cuya característica principal sea la resistencia a la corrosión; además deberán ser instalados de tal forma que se imposibilite la entrada de sustancias como: basura, tierra, animales, entre otros.

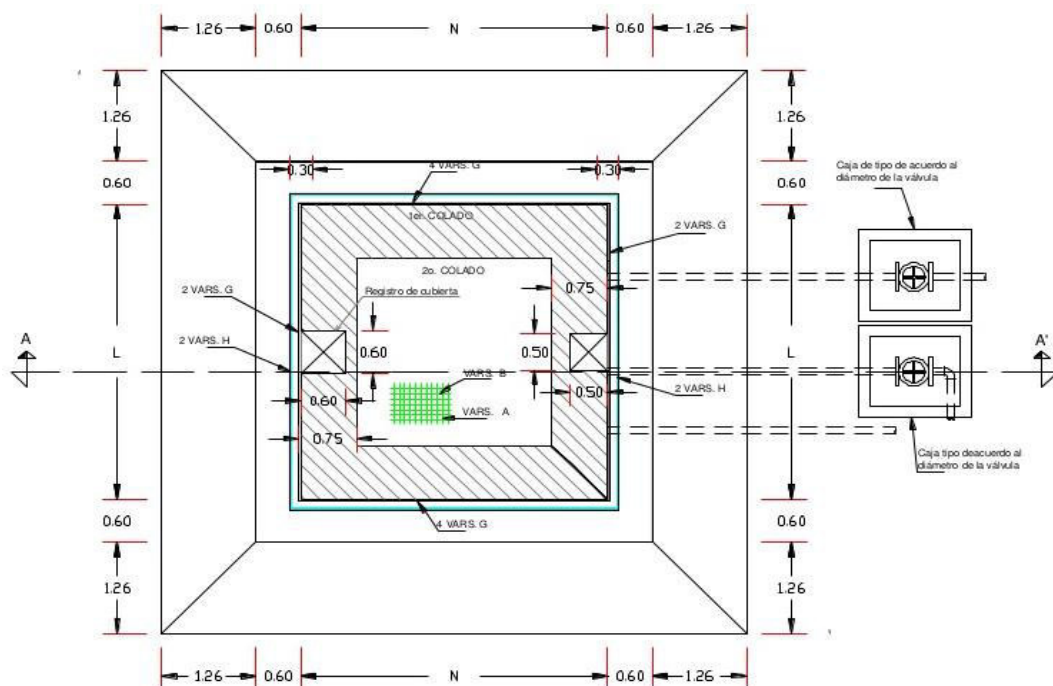


Ilustración 11: Tanque de mampostería, planta

Fuente: Fernández et al., (2005)

- **Tanques rectangulares**

Con respecto a los tanques rectangulares, en su funcionamiento estructural la flexo-tensión es una característica predominante, y a la vez, es dependiente de

la relación entre la longitud y la altura (b/a). El análisis de los muros se encuentra fundamentado en la teoría de placas delgadas o en la elástica de la viga. Este tipo de tanques no poseen una cubierta, siempre y cuando la relación (b/a) sea superior a 3, además, los muros pueden encontrarse empotrados en los cimientos del tanque, lo que conlleva a una prolongación hacia el exterior de la losa de los cimientos, con el objetivo de evitar el riesgo de que se produzca un giro de la base (Fernández, Martínez, Mendoza, Barajas, & Uribe, 2005).

3.1.4 Clasificación de Tanques Reservorios

Según el estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua (2007) los tanques pueden ser clasificados dependiendo del material disponible, de la topografía de la zona y del terreno disponible para la construcción del mismo; por otra parte, pueden ser clasificados en función de su ubicación en relación al nivel del terreno, lo que brinda la posibilidad de que estos puedan ser enterrados, semienterrados, superficiales, o elevados, como se describen a continuación:

- **Enterrados:** Son aquellos que se construyen en un nivel por debajo del suelo. Su uso obedece particularmente a terrenos que poseen una cota óptima para el correcto funcionamiento de la red de distribución. No obstante, es necesario recalcar que el terreno debe ser de fácil excavación.
- **Semienterrados:** En este tipo de tanques, una porción de la estructura del mismo se encuentra bajo el nivel del terreno, y la parte restante sobresale por encima de este nivel. Son generalmente empleados cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente, asimismo, se usan cuando el terreno es dificultoso en cuanto a la excavación.
- **Superficiales:** Como su nombre lo indica, estos se ubican sobre la superficie del lugar en el que van a ser implementados. Su uso obedece a terrenos duros y de excavación dificultosa.
- **Elevados:** Estos tanques se localizan por encima del suelo, y por lo general cuentan con una estructura para su soporte. Toda la estructura

conforma esta tipología de tanque, es decir, la torre de soporte, la estructura del tanque y las tuberías.

3.1.5 Métodos de entrega de agua de riego

En opinión del autor de la presente investigación, en el Ecuador el uso inadecuado del agua proviene desde la captación y regulación hasta la aplicación del agua a sus diferentes destinos por medio de métodos de riego improvisados y con una mala planificación, por lo que el uso de métodos de riego bien estructurados a nivel estratégico es deficiente.

Métodos superficiales tecnificados:

- **Conducción por tuberías:** se encargan de minimizar todas las posibles pérdidas que pudiesen suscitarse gracias al proceso de conducción del agua, a las partes externas de los cultivos.
- **Riego por surco:** Este método logra que el caudal que llega a cada surco en presentes variaciones, para lo cual se emplean sifones que toman los canales a cielo abierto o de orificios uniformes cuya característica es que son regulables cuando los surcos obtienen el agua desde tuberías o mangas.
- **Riego discontinuo o con dos caudales:** Está pensado para las actividades de riego en pendiente, y su finalidad es incrementar el nivel de uniformidad para la infiltración en toda la extensión de los surcos; mediante la interrupción del caudal grande se logra un humedecimiento más eficiente de toda la extensión del surco.

3.2 Elementos de control de fluidos

3.2.1 Vertederos

Se refiere a una pared que presenta una escotadura de forma regular, a través de la cual fluye una corriente líquida, su propósito es interrumpir la corriente causando una elevación del nivel de aguas arriba y es empleado para controlar niveles (vertederos de rebose) y/o medir caudales (Pérez, 2005).

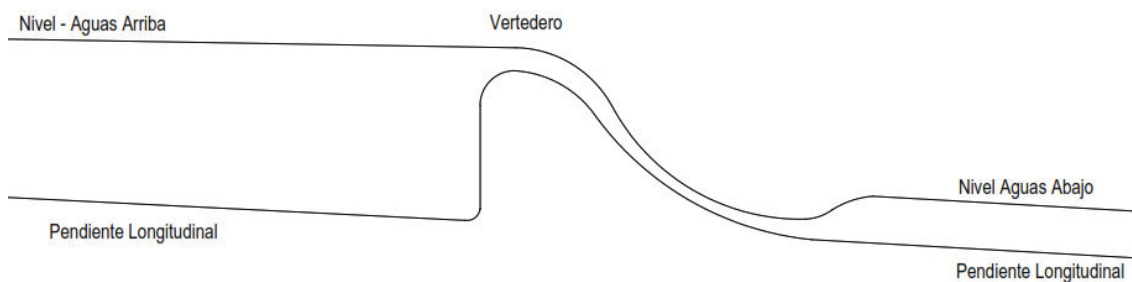


Ilustración 12: Vertederos

Fuente: Álvaro Ávila

Por otro lado, conforme lo define Balloffet, citado por Ulrich (2005) menciona que, el vertedero identifica como una abertura de contorno abierto, llevada a cabo sobre una pared de un depósito o una barrera colocada en una canal, por el cual recorre el líquido contenido en el depósito que circula por el caudal. Por lo tanto, de forma más técnica se lo entiende como, un obstáculo transversal de geometría y de forma variables, localizado sobre una estructura hidráulica.

Entre las funciones principales que cumplen los vertederos, según lo menciona Ulrich (2005), se encuentran las siguientes:

- Control del nivel de canales
- Permiten la medición de los caudales y conductos libres
- Evacuación de crecientes caudales

Éstos pueden clasificarse conforme según el espesor de la pared, los cuales pueden ser vertederos de pared delgada o de pared gruesa; o según su forma:

Tabla 1: Clasificación de los vertederos

Según el espesor de la pared	Vertederos de pared delgada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Miden los caudales de gran precisión
	Vertederos de pared gruesa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se utilizan para el control de los niveles de caudal. ▪ Desaguan caudales grandes ▪ Son empleados como parte de una presa o estructura hidráulica.

Según su forma geométrica	Rectangulares	<ul style="list-style-type: none"> • Se dividen en dos partes, si contracciones y con contracciones laterales.
	Triangulares	<ul style="list-style-type: none"> • Se usan para medir caudales pequeños.
	Trapezoidales	<ul style="list-style-type: none"> • Son usados para compensar los efectos finales de contracción del vertedero rectangular.
	Circulares	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen facilidad de construcción, pero se utilizan muy poco.
	Parabólicos	<ul style="list-style-type: none"> • Son construidos de forma especial, en donde, varia proporcionalmente a la altura de la lámina líquida
	Simétricos	
	Asimétricos	
	Exponenciales	

Fuente: (Miranda, 2016)

Elaborado por: Álvaro Ávila

3.2.2 Orificios Circulares y Rectangulares

Fernández (2013) expone que, un orificio representa todo tipo de abertura que se encuentra en un depósito, y que además, se sitúa debajo la capa superficial del líquido, pudiendo ubicarse en la pared lateral o en el fondo del tanque; los orificios se clasifican dependiendo de ciertas características como: espesor de la pared, el nivel de la superficie libre, el nivel del líquido.

- Según el espesor de la pared: El orificio debe tener un tamaño menor que la mitad de la mínima dimensión del orificio, sin que su valor supere los 4 a 5 cm, en esta clasificación se encuentran dos tipos de orificios:
 - a) De pared delgada
 - b) De pared gruesa
- De acuerdo a la superficie libre: los orificios pueden ser:
 - a) De nivel constante

- b) De nivel variable
- Dependiendo del nivel de líquido aguas abajo
 - a) Libres
 - b) Sumergidos

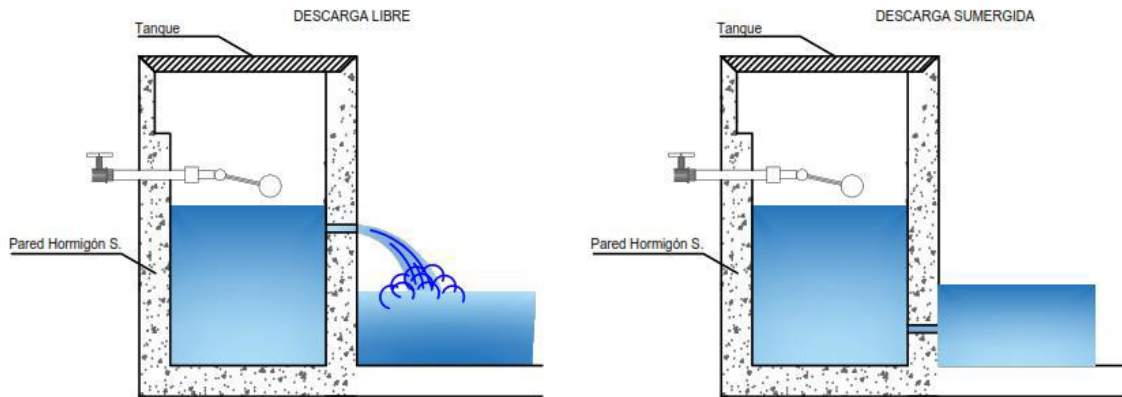


Ilustración 13: Orificios según el nivel del agua, aguas abajo
Fuente: Álvaro Ávila

Por otro lado, Lesmes, González, y Echeverri (2006) determinan que, desde la perspectiva de implementación de los orificios, son definidos como perforaciones que tienen la finalidad de determinar el caudal que sale de un depósito líquido, clasificados de la siguiente manera:

- Por el ancho de la pared: delgada o gruesa
- Por la forma: circular, rectangular o cuadrada
- Por las dimensiones: pequeño o grande
- Por el funcionamiento: caída libre, descarga ahogada

Para el entendimiento de pared delgada o gruesa Lesmes, González, y Echeverri (2006) mencionan que, la corriente líquida que sale del depósito se conoce como vena líquida, la cual es quien define el ancho de la pared, debido a que, si tiene contacto en línea, se la considera pared delgada, y, por el contrario, si el contacto es en superficie la pared será gruesa.

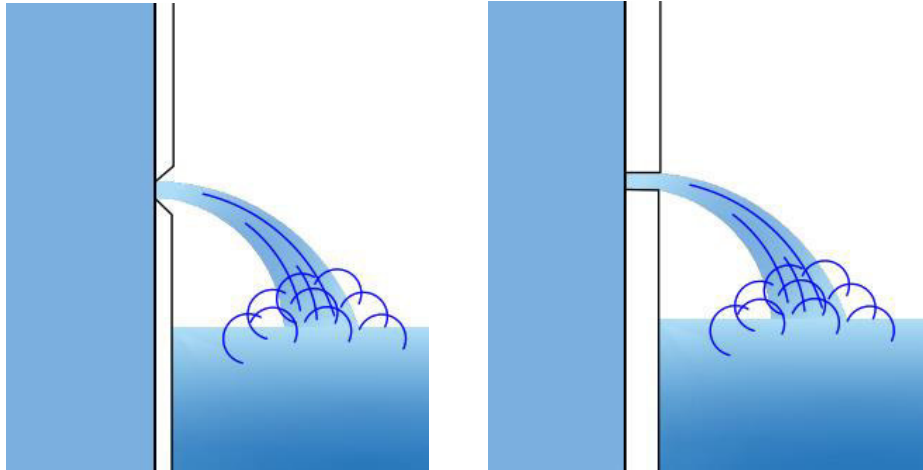


Ilustración 14: Orificios en pared delgada y gruesa
Fuente: Álvaro Ávila

- **Vertederos de orificios circulares**

Son representados por la siguiente ecuación:

$$Q = \phi \left(0.555 + \frac{D}{110H} + 0.041 \frac{H}{D} \right) D^{5/2}$$

- H= representa la carga hidráulica o altura de carga, la cual esta expresada en decímetros, D: es el diámetro
- Q= caudal
- ϕ = depende de la relación H/D

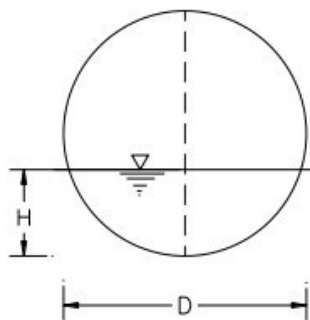


Ilustración 15: Vertedero de orificio circular
Fuente: (Arreaga, 2014).

3.3 Accesorios para Control

3.3.1 Flotadoras

Como lo menciona Guzmán (2013), la velocidad del agua en una sección puede ser medida mediante la aplicación de varios equipos, entre ellos, se encuentran las flotadoras.

Son elementos naturales o artificiales que se encuentran en condiciones de flotar sobre los fluidos, los cuales pueden ser arrastrados por el agua, ya sea de forma parcial o total. Este tipo de accesorios son utilizados para valorar la velocidad superficial del flujo, para llevar a cabo esta actividad se puede utilizar cualquier tipo de flotadores, sin embargo, estos deben ser similares, es decir, pueden ser trozos de madera, palos, botellas plásticas con agua, entre otros, y deben sumergirse más o menos la cuarta parte de la profundidad de la corriente (Vera, 2001).

Se lo conoce como método de aforo, y deben ser aplicados en un tramo donde el curso del caudal tenga forma recta, para ello es necesario conocer la distancia, misma que se recomienda sea mayor o igual a los 30 metros, usándose la mayor cantidad de flotadores necesarios para cubrir todo el ancho del río de forma proporcional (Vera, 2001).

Este tipo de accesorios son ubicados en una estación hidrométrica, es decir, el lugar de instalación localizado en uno de los márgenes del agua. En las estaciones de medición, los instrumentos hidrométricos que se usan más frecuentemente: máxímetros, miras, limnógrafos, flotadores, puntos de referencia, entre otros (Marbello, 2014).

Los aforos con flotadores tienen un nivel bastante sencillo al momento de utilizarlo, pero no brindan un nivel de precisión adecuado, razón por la cual, su empleo se limita a circunstancias en las que un gran nivel de precisión no es requerido. El método que implica el uso de este artículo, tiene por objetivo el conocimiento de la velocidad media en una sección, este dato será multiplicado por el área, para obtener el caudal. En este sentido se hace uso de la siguiente ecuación:

$$Q = (\text{Velocidad})(\text{Área})$$

Para la consecución del aforo es necesario tomar un tramo corriente, de longitud L ; por otra parte, se realiza la medición del área A , de la sección; como siguiente paso, se lanza un objeto flotante, en una localización que sea superior al primer punto de control, es decir, aguas arriba; y al paso del cuerpo por el punto donde inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control (Marbello, 2014).

3.3.2 Compuertas

Una compuerta representa una placa móvil, plana o curva, debido a que, al levantarse forma un orificio encontrado en el borde inferior y la estructura hidráulica o canal, sobre la cual es instalada. Son utilizadas con la finalidad de regular los caudales, así como también sirven en caso de emergencia y cierre para mantenimiento de otras estructuras (Marbello, 2014).

Por otro lado, un estudio realizado por Tinoco et al., (2014) demuestran que, la abertura de una compuerta depende únicamente del nivel de caudal, es así que, no guarda dependencia con la profundidad del cuenco o la posición de la compuerta, sin embargo, las posiciones presentan mejores resultados cuando de las variables asociadas al control de flujo en modelo físico para los caudales de diseño y la diferenciación en la profundidad de la estructura de la compuerta.

Clasificación:

Al respecto Marbello (2014) menciona que, las compuertas se clasifican según las condiciones físicas, hidráulicas, climáticas y de operación, las cuales son estructuradas de acuerdo al tipo de diseño y a las características en su operación.

- Según el tipo de operación:

a) Compuertas principales

Son diseñadas con el objetivo de funcionar bajo todas las condiciones de flujo, en esta clasificación se encuentran inmersas las compuertas de regulación, las cuales operan en un canal abierto o sobre una presa; también se encuentran las

compuertas de guarda o de cierre, estas funcionan completamente abiertas o cerradas.

b) Compuertas de emergencia

Este tipo de compuertas como su nombre lo indica, son utilizadas en casos o eventos de reparación emergente, inspección o mantenimiento de las principales. Funcionan tanto en condiciones de presión diferencial, como en presión equilibrada.

- Según el mecanismo de izado

a) Compuertas deslizantes

Se diferencian en que, el elemento de cierre se mueve sobre superficies deslizantes, en la mayoría de los casos son construidas de acero colado y empleadas en estructuras de canales, obras de captación, presas y tanques de regulación.

b) Compuertas rodantes

En este caso, el elemento de cierre se mueve sobre ruedas, rodillos o engranajes, se utilizan en aquellas estructuras de gran profundidad, en condiciones de emergencia o servicio. Así mismo, tienen la característica de rodar a su posición de sello, debido a su propio peso y se izan con cadenas o cables, utilizando grúas especiales.

- Según su forma geométrica

a) Compuertas curvas o alabeadas

Este tipo de compuertas están conformadas por: radiales, tambor y cilíndricas. Las radiales, tienen la forma de cilindro, y giran alrededor de un pivote o eje horizontal, en donde, el agua actúa en el lado convexo, en consecuencia, la fuerza para levantar la compuerta es la requerida para vencer el peso de la misma y la fricción en los apoyos. Respecto a las compuertas tambor, se trata de una estructura hermética de acero, con forma en la que, cuando se encuentre en su posición más baja ocupa un recinto dentro de la presa.

Finalmente, las estructuras cilíndricas, consisten en un cilindro de acero, las cuales se extienden entre los estribos de vertedero de presa, adoptada una cremallera inclinada.

3.4 Control de presión

Su función primordial es minimizar la presión hidrostática hasta el valor de cero, con lo que se genera un nuevo nivel de agua y desarrollándose una nueva zona de presión en lo que respecta a los límites de trabajo de las tuberías, ya que, cuando existe un alto desnivel entre la captación y la línea de conducción, se puede generar presiones que excedan al máximo valor que puede tolerar una tubería, razón por la cual, la implementación de cámaras dedicadas a romper la presión, y que permitan lograr una disipación de energía y la eficaz reducción de la presión, evitando problemas en la tubería, es radicalmente necesaria (Vargas, Huerta, Soto, García, & Briceño, 2014).

Son estructuras utilizadas para controlar la presión interna de la tubería rompiendo la presión en la línea de conducción o distribución, cuyo propósito es evitar fallas en la tubería y en los diferentes accesorios siempre y cuando la presión estática de diseño es igual o supera a la presión de trabajo máximo admitido (Oliva, 2005). Generalmente estas estructuras son de concreto armado, su función es romper la presión llevándola hasta el punto de su localización, iniciando un nuevo nivel estático, por lo que, necesariamente debe tener una entrada de agua, así como, una salida para la misma; además de poseer una tubería que permita la ventilación y tapa que posibilite el control.

Ésta se encarga de disparar la presión cuando el agua tiene contacto con la atmósfera y disminuye súbitamente su velocidad, al tener un cambio drástico de sección hidráulica. Estas cajas deben estar ubicadas a 80 m.c.a. en una línea de conducción y los 60 m.c.a. en la distribución.

3.4.1 Tanques rompe presión para diámetro menor o igual a 40 mm

El flujo de tuberías a presión, plantea el problema de cómo reducir presiones tanto en la línea de conducción como en la red de distribución. La reducción de

altas presiones puede ser desarrollado mediante la implementación de válvulas reguladoras de presión o tanques de quiebre de presión. Este último dispositivo, ha demostrado un extraordinario funcionamiento constituyéndose como un buen disipador de energía (Corcho & Duque, 2005).

Por su parte, Cárdenas y Patiño (2010) menciona que, respecto a la línea de conducción y en la red de distribución, debido a la pendiente, existen tanques rompe presiones, los cuales tienen como objetivo, disipar las grandes presiones generadas, estos pueden ser construidos como base principal de hormigón, estos poseen cada uno de ellos una caja de válvulas. Asimismo, este tipo de tanques contienen la misma capacidad que los tanques de captación o distribución, así como sus mismas dimensiones.

Tienen las siguientes características:

- Tubería de entrada que posee una válvula de compuerta, así como una válvula flotadora
- Tubería de salida
- Tubería de ventilación
- Tapa sanitaria, acompañado de dispositivos de seguridad
- Válvula de aire
- Válvula de purga (Balladares & Guamán, 2012).

Según Basualdo (2014) existen dos tipos de tanques: CRP Tipo 6: empleados en los niveles de la línea conducción. Tienen por única función hacer descender los valores de presión en la tubería; CRP Tipo 7: empleados para la red de distribución, permite reducir la presión de la tubería, asimismo, regulan el abastecimiento de líquido a través de mecanismos de válvulas flotantes.

De acuerdo con un estudio realizado por Basualdo (2014), la dimensión de los tanques rompe presión para la estructura arquitectónica de un sistema de abastecimiento de agua, corresponden al nivel de almacenamiento de 2 m³ de agua, en donde, las dimensiones requeridas son: largo de 1,30 m, ancho de 1,1 m. y una altura de 1,15 m.

CAPÍTULO 4: MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

4.1 Hormigón simple

El hormigón es un producto que ha tenido su origen en la antigua Grecia, era utilizado por los romanos para sus grandes obras públicas. Los elementos que inicialmente lo componían era la cal grasa, cal hidráulica y cementos naturales, sin embargo, con el pasar del tiempo este producto se ha ido fortaleciendo, hoy en día este es un producto de alta calidad conjuntamente con la unión de aceros permite la construcción de todo tipo de obras, incluidos las estructuras hidráulicas (Romea, 2014).

El hormigón es una piedra artificial que se encuentra formada por la mezcla de componentes como: cemento, arena, grava y agua, su proceso de fabricación depende básicamente de las condiciones de humedad y temperatura. A este componente se puede añadir compuestos o aditivos químicos, para su mejor funcionamiento, es un material resistente a la comprensión, tracción, y corte, por esta razón es muy utilizado en la elaboración de tanques dedicados al almacenamiento o para la construcción de diversas estructuras (Rodríguez, 2014).

En definitiva, este material es básicamente utilizado para todo tipo de construcciones constituido principalmente por rocas, cemento y agua. Un estudio realizado por, Cárdenas J, (2008) señala con respecto a la cubicación de este material que debe ser medido de acuerdo a su volumen, es decir, en metro cúbicos, sin dejar de lado el espacio que ha sido ocupado por las tuberías y el armazón hecho de acero, teniendo en cuenta que el diámetro no debe ser superior a los 0,25 m. Para lograr esta cifra, es necesario dejar de lado las cantidades que representan las escotillas, los vanos y los orificios presentes en la superficie superiores a 0,05 m².

De acuerdo con las Normas Ecuatorianas de la Construcción NEC, los materiales de construcción de cualquier producto procesado o fabricado que vaya a ser implementado en cualquier tipo de obra, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Resistencia mecánica conforme el uso que recibirá
- Resistencia ante agentes agresivos
- Resistencia a la intemperie
- Seguridad tanto en el manejo como en su uso
- Protección con respecto a la salubridad de los trabajadores y usuarios.
- No deben representar un daño para el medio ambiente
- Resistencia al fuego
- Comodidad en aspectos relacionados a: uso, estética y economía (NEC, 2014).

Al respecto, el uso de hormigón presenta una propiedad mecánica que es su resistencia a la compresión, lo cual es un parámetro de referencia al momento de conocer otros elementos de carácter mecánico, ya que existe un vínculo directo con gran parte de ellos. Otro de los aspectos destacables del hormigón, es la relación entre el agua y el cemento (a/c), que es un factor determinante de la resistencia del material y una garantía de conservación ante agentes nocivos.

Para el diseño de la mezcla de los componentes procedentes del hormigón, y con base a las características del entorno en el que se implementará el proyecto estructura, se debe asignar la jerarquía y tipo de exposición. La siguiente tabla ilustra las categorías a las que se hace referencia.

Tabla 2: Categorías y clases de exposición del hormigón

Categorías	Severidad	Clase	Condición
F Congelación y deshielo	No existe	F0	El hormigón no debe ser puesto ante etapas de congelación y deshielo
	Moderada	F1	Hormigón con exposición a etapas de congelación, deshielo y humedad.
	Severa	F2	Exposición a etapas de congelamiento, deshielo y en continua relación con la humedad. Exposición a insumos de carácter químico para producir el descongelamiento.
	Muy severa	F3	

			Sulfatos solubles en agua (S04) en el suelo, % en masa	Sulfato (SO₄) disuelto en agua, ppm
S Sulfato	No aplicable	S0	SO ₄ < 0.1	SO ₄ < 150
	Moderada	S1	0.1 ≤ SO ₄ < 0.2	150 ≤ SO ₄ < 1500
	Severa	S2	0.2 ≤ SO ₄ < 2.0	1,500 ≤ SO ₄ ≤ 10,000
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2.0	
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	Se requiere de la baja permeabilidad	
C Protección contra la corrosión	No aplicable	C0	Hormigón protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Hormigón expuesto a la humedad	

Fuente: (NEC, 2014)

Elaborado por: Álvaro Ávila

4.2 Policloruro de Vinilo (PVC)

En una investigación realizada por la Comisión Nacional del Agua (2016) se menciona que, las tuberías requeridas para la construcción de la estructura hidráulica, se encuentran compuestas por dos o más tubos, los cuales han sido articulados mediante un sistema de unión que posibilita el transporte del fluido; para seleccionar el tipo de tubería adecuada, se considera una serie de variables, como: la durabilidad, la capacidad de conducción, la resistencia mecánica y a la corrosión, y los costos que pueda generar la adquisición y la instalación de las mismas.

Para la fabricación de la tubería se usan diversos materiales, sin embargo, en lo que respecta al agua potable y su distribución, estas han sido fabricadas con plástico, siendo el más utilizado el PVC (policloruro de vinilo) o también el PEAD (polietileno de alta densidad). En la presente investigación, al respecto de la tubería de plástico, se utiliza el policloruro de vinilo (PVC) principalmente.

Los tubos de PVC, son fabricados considerando la resistencia a la presión de trabajo, los cuales, se clasifican en cinco tipologías, cuya principal diferencia radica en el grosor de su pared. Es necesario destacar que, en este tipo de tubería el diámetro nominal es igual al diámetro externo del tubo.

Tabla 3: Límite de presión de trabajo en una tubería de PVC

Clase	Presión máxima de trabajo	
	MPa	Kg/cm ²
5	0.5	5
7	0.7	7
10	1.0	10
14	1.4	14
20	2.0	20

Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2016)

El sistema de unión y el nivel de calidad, es designado como espiga-campana, el cual se forma a partir de la inserción del extremo liso en el extremo campana del tubo. Para lograr la hermeticidad de este sistema, es necesario colocar un anillo hecho de plástico que a la vez funciona como junta de dilatación, permitiendo deflexiones y realizar la prueba hidrostática al finalizar la instalación. La serie métrica de tubos PVC posee diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 150, 500 y 630 mm), con un largo de seis metros, el cual puede ser acordado entre el fabricante y comprador.

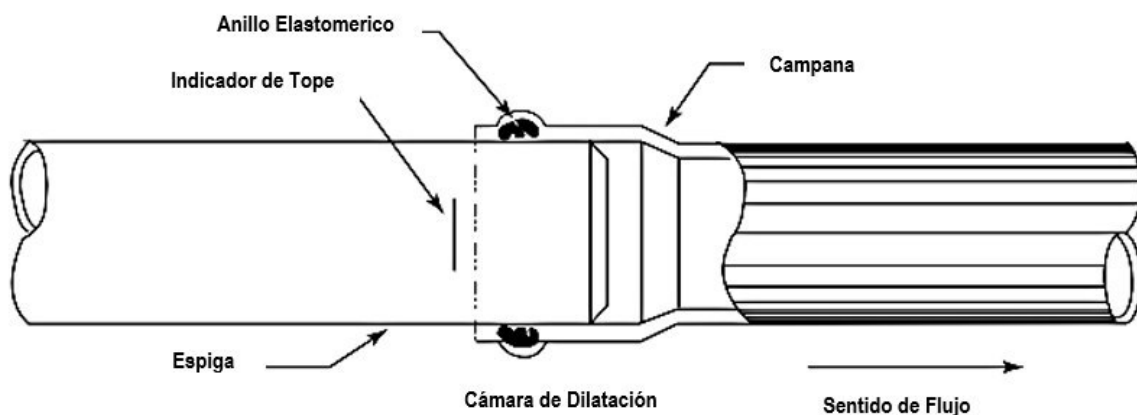


Ilustración 16: Tubería de PVC

Fuente: Álvaro Ávila

4.2.1 Ventajas y Desventajas de los tubos PVC

Entre los principales aspectos positivos que implican el uso de tubos PVC incluyen:

- **Hermeticidad:** el PVC proporciona características de hermeticidad, ya que impide filtraciones y fugas.
- **Pared interior lisa:** genera bajas pérdidas por fricción, lo que genera un alto grado de eficiencia en el transporte de fluidos.
- **Resistencia a la corrosión:** el PVC no es vulnerable a la corrosión de tipo química, razón por la cual, no exige poseer algún tipo de recubrimiento o protección.
- **Resistencia química:** No presenta perjuicios ante suelos nocivos, ácidos, sales o aguas conducidas; así como también es altamente resistente a hongos o bacterias.
- **Ligereza:** es un material de facilidad de transporte, manejo y colocación.
- **Flexibilidad:** tiene un grado de deflexión al momento de ser instalado.
- **Resistencia a la tensión:** presenta una mejor conducta, cuando suceden incidentes como, movimientos sísmicos o sobrepresiones momentáneas.
- **No provoca alteraciones sobre la calidad del agua.**

Asimismo, el uso de este material implica ciertos aspectos negativos como:

- Es vulnerable a daños durante su manipulación.
- En temperaturas menores a 0°C, presenta un grado reducido de resistencia a impactos.
- En temperaturas mayores a 25°C, se presión de trabajo debe ser minimizada.
- Con respecto a su resistencia mecánica, ésta es reducida al momento de la exposición prolongada a rayos solares (Comisión Nacional del Agua, 2016).

4.3 Materiales alternativos

Las estructuras de hormigón dedicadas a obras hidráulicas han sido de gran utilización en la mayoría de tanques repartidores de caudal; sin embargo, al estar

en constante contacto con los fluidos puede llevar a un posible deterioro, esta es una de muchas características por las se ha incrementado la aplicación de otros materiales que presenten mayor durabilidad, resistencia, entre otros aspectos en este tipo de estructuras, una de ellas es la denominada fibra de vidrio.

4.3.1 Fibra de vidrio

Con el avance de la tecnología ha surgido la fibra de vidrio como un producto que puede ser de uso alternativo. Los tanques repartidores de caudales y rompe presión pueden ser fabricados utilizando como materia prima la fibra de vidrio, producto que se caracteriza por su alta resistencia química, mecánica, material ligero, perdurabilidad, material isoterma y flexibilidad (Bendezú, 2002).

Las fibras de vidrio son elaboradas a partir de un vidrio en cuya composición el álcali posee un bajo porcentaje; han sido fabricadas en diferentes laboratorios, con una resistencia a la ruptura de hasta 500.000 lb/pulg². El material en forma de fibras es obtenido del vidrio con la aplicación de varios procesos, entre los cuales se tiene:

- Estirado por centrifugación: se deja caer el vidrio en un disco, el cual se encuentra en rotación a alta velocidad; el resultado es un producto llamado lana de vidrio.
- Estirado mecánico: se funde el vidrio y se lo estira a manera de hilos que pueden ser de diámetro variable, para luego enrollarlo en tambores giratorios. El resultante del proceso es la llamada seda de vidrio. (Morales, 2008).

Entre las ventajas de los tanques de fibra de vidrio frente a las estructuras de concreto tradicional se tienen (Vidaud & Quintana, 2014):

- Es que los primeros son productos que almacenan grandes volúmenes de agua,
- Tiene una vida útil de más de 50 años,
- Es de fácil instalación,
- Es impermeable,

- Son sismo-resistentes,
- Tienen aguante a la intemperie, a la corrosión y desgaste,
- Son de fácil mantenimiento y transportación,
- No se deforman, y, sobre todo
- Están diseñados bajo parámetros exigidos para el almacenamiento de agua potable.

Tabla 4: Ventajas y desventajas del uso de fibra de vidrio como material de construcción

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Resistente hasta un límite de temperatura de un rango de 250 a 400 °C. • Temperatura límite instantánea de 600 °C. • Resistente a los ácidos. • Resistente a los agentes químicos. • Estructura ligera: la fibra de vidrio es liviana y fuerte, por lo tanto, ofrece facilidad de transporte y de instalación; por lo tanto, el esfuerzo físico humano es inferior en comparación al uso de hormigón. • Proporciona mayor rendimiento hidráulico. • Material más económico en comparación con otros materiales de construcción. • No perjudica al medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja resistencia a la abrasión. • Se puede producir irritaciones en la piel y ojos si se produce un contacto directo con la fibra o con el polo producido por esta. • No es resistente a los álcalis. • Las piezas de vidrio a largo plazo sufren modificaciones y deformaciones en su estructura y forma.

Fuente: (Blanxart, 2008)

Elaborado por: Álvaro Ávila

- **Criterios para la elección de fibra de vidrio**

La fibra de vidrio posee una característica particular apreciable, que es la gran resistencia a la tracción y su flexibilidad, sin embargo, la resistencia mecánica depende de la concentración de fibra de vidrio, ya que, a mayor cantidad de fibra

de vidrio, mayor resistencia mecánica. Existen ciertos criterios al momento de elegir la fibra de vidrio más óptima para el desarrollo o fabricación de la estructura, entre las cuales se encuentran:

- a. Costo: por lo general debido a su costo, muchas empresas utilizan las mantas de fibra de vidrio *MAT* (mantas), material usual para laminados.
 - b. Resistencia: tejidos de fibra de vidrio *WOMEN ROVING*, material que produce laminados más resistentes por la mayor resistencia a la tracción.
 - c. Dureza: filamentos de fibra de vidrio *ROVING*, es utilizado con el fin de reforzar las capas de tejido de vidrio dando mayor dureza a la estructura (Bendezú, 2002).
- **Criterios para la elección de fibra de vidrio**
 - a. Humedad: si el material se encuentra con un aspecto húmedo, este debe ser secado antes de su uso.
 - b. Manchas: debe ser descartado cualquier parte que se encuentre manchada de grasa o cualquier sustancia extraña.
 - c. Peso: (por unidad de área), verificar el peso con una unidad de balanza con exactitud de 0.1grs (Bendezú, 2002).

La fibra de vidrio *MAT*, debe estar dentro de los siguientes valores:

Tabla 5: Peso por unidad de área

Peso normal	Peso mínimo	Peso máximo
1.0 oz/ft ²	268.5	341.7
1.5 oz/ft ²	420.9	517.7
2.0 oz/ft ²	537.1	683.5

Fuente: (Bendezú, 2002).

Elaborado por: Álvaro Ávila

4.4 Análisis comparativo

Una de las principales desventajas que presenta el concreto armado es el ataque de la corrosión, fenómeno que se define como una reacción química producida

por el contacto entre el medio ambiente y un material determinado; como respuesta a esta reacción se pierden las propiedades mecánicas del material utilizado, reduciendo la capacidad de resistencia del concreto. Un estudio realizado por Vidaud y Quintana (2014) señalan que, los costos por realizar acciones correctoras o preventivas por las corrosiones son muy altos, por ejemplo, en Norteamérica los costos son estimados por hasta 300 millones de dólares anuales.

En este ámbito, los materiales de fibra de vidrio son productos que suelen ser menos susceptibles a la degradación medioambiental que provoca la exposición a ácidos alcalinos, ambientes marinos, entre otros. Los materiales compuestos de fibra de vidrio se han utilizado desde 1940 en los sectores militar, aviación y marítimo. Otra de sus principales aplicaciones, en años posteriores, fue en el sector de la construcción de tuberías, tanques de almacenamiento y en el ámbito arquitectónico, como en fachadas de edificios (Vidaud & Quintana, 2014).

Hoy en día, existen tanques fabricados con materiales de fibra de vidrio para volúmenes desde 250 litros en adelante. El uso de este material ha sido útil para la industria y la construcción debido a su alta resistencia, bajo peso y su precio, el cual es relativamente más económico en comparación con el de otros materiales. Estas características han motivado a que el sector de la construcción se incline a la utilización de este tipo de materia prima.

Respecto a los tanques fabricados con este material se han identificado ventajas muy destacables y apreciadas tanto por los obreros de la construcción como por los usuarios. Estas ventajas, tanto mecánicas como químicas, han impulsado el crecimiento de la industria de la fibra de vidrio.

El aislamiento térmico de la fibra de vidrio tiene mayor resistencia que otros materiales, el aislamiento térmico es aquel usado para la construcción y se caracteriza por la resistencia térmica. Morales (2008) realiza una serie de equivalencias respecto a otros materiales, en lo referente a la capacidad de la fibra de 3 cm. para aislar la temperatura:

Tabla 6: Comparación entre la capacidad de aislamiento de la fibra de vidrio y otros materiales

Fibra de vidrio	Otros materiales (equivalencias)
3 cm de fibra de vidrio	15 centímetros de madera
	32 centímetro de ladrillo hueco
	78 centímetros de ladrillo cerámico
	117 centímetros de hormigón de gravilla
	138 centímetros de hormigón armado

Fuente: (Morales, 2008)

Elaborado por: Álvaro Ávila

Entre otras aplicaciones, la fibra de vidrio es ampliamente usada en la construcción como aislante térmico y acústico, especialmente en regiones que poseen regularmente temperaturas que oscilan desde los 0° hasta los 400 °F (Morales, 2008).

CAPÍTULO 5: DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS MÓVILES

El sistema de abastecimiento que emplea la gravedad para la distribución de líquido, es aquel en el cual el agua se transporta debido a su propio peso, partiendo de una fuente elevada hasta llegar a los usuarios que se encuentran más abajo. Para el desplazamiento, el tipo de energía que se utiliza es la energía potencial que trae el agua gracias a la altura a la que se encuentra (ARQHYS, 2012). Entre las propiedades del mencionado sistema se tienen:

- No genera gastos en lo referente al bombeo;
- No hay que realizar un gran mantenimiento, ya que sólo tiene algunas partes móviles;
- La presión puede ser regulada fácilmente;
- Es robusto y fiable.

En este sentido, se destaca la importancia de construir elementos móviles, fáciles de transportar, y que contribuyan a un fácil y confiable mantenimiento de estos sistemas, en especial en aquellas zonas remotas o de difícil acceso. En la Ilustración 12 se observa la representación de estos tipos de sistemas, muy útiles para zonas rurales.

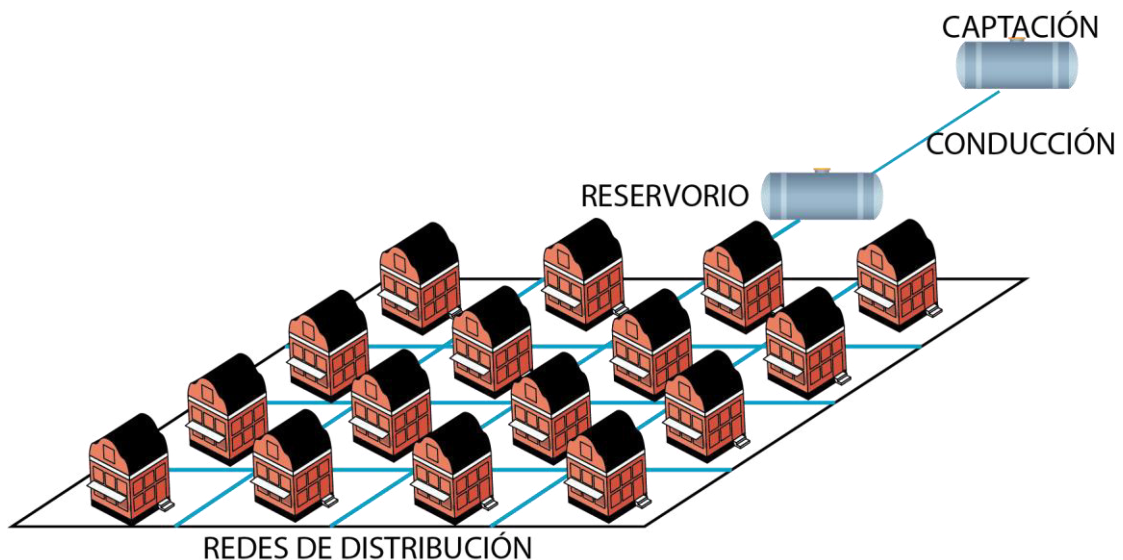


Ilustración 17: Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

Fuente: Álvaro Ávila

Se presenta entonces la necesidad de analizar cuál es la tipología de tubo requerida para el transporte, sobre una región que posee un desnivel positivo para el punto de descarga (SAGARPA, 2012).

Según el manual de Obras de Toma para Aprovechamientos Hidráulicos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA, 2012), la construcción de una toma directa de río consta de:

- Canal de llamada,
- Transición de entrada,
- Estructura de entrada,
- Conductos; y,
- Cámara de decantación.

Los elementos antes mencionados definen las variables a analizar en cuanto al flujo del agua en los caudales, particularmente en las tuberías, con el fin de protegerlas de daños debido a la presión generada por el transporte del agua. Además, es importante considerar otros elementos, tales como la velocidad del agua en la recepción en los tanques y la capacidad volumétrica de los mismos para reducir, o eliminar, las presiones generadas por la presencia del aire acumulado por el flujo y poder realizar una distribución eficiente del agua.

Con el fin de mejorar las capacidades de distribución y de servicio de agua en las zonas rurales y de producción agrícola, el autor del presente trabajo de investigación propone que el sistema de captura y distribución de agua debe contar con, al menos, dos (2) tanques rompe presiones de fácil transporte y mantenimiento; uno de ellos deberá ser dispuesto en la línea de conducción y el otro en la red de distribución.

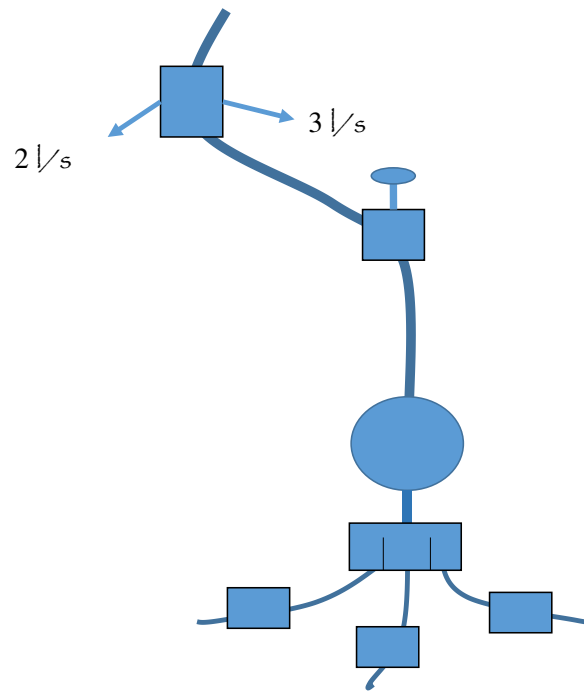


Ilustración 18: Sistema de captación y distribución de agua a partir de caudales naturales
Elaborado por: Álvaro Ávila

La eficiencia de la red de distribución dependerá de la reducción de pérdidas, tanto de agua como de los materiales y equipos, por lo tanto, impera el uso de materiales resistentes para la conducción y un óptimo manejo de las cargas hidráulicas dentro del sistema. En este sentido se deben realizar los cálculos relativos a gasto, energía, pendiente del terreno o ángulos de inclinación, diámetros de tuberías ideales para el sistema, presión, velocidad de aforo y volumen de servicio por día.

Debido a los acopios naturales con los que cuenta la región geográfica estudiada, el sistema hidráulico actúa por gravedad. En este sentido, los componentes principales son: la estructura de entrada, la línea de conducción, el tanque rompe presiones, reservorio y las estructuras de distribución. A continuación, se definen estos componentes:

- Estructura de entrada: es aquella diseñada para realizar la captación y acumulación de agua.
- Línea de conducción: es la tubería que se encarga de transportar el agua desde el sitio de la captación, hasta el lugar en donde se encuentra el reservorio. (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2004).

- Tanque rompe presiones: es una estructura que permite disipar la energía producida por el flujo del agua y hacer que la presión relativa llegue a un valor de cero (presión atmosférica), con el objetivo de que la tubería no sufra daños (*ibidem*).
- Reservorio: Es una estructura cuya finalidad es la de almacenar el agua, permitiendo el funcionamiento y abastecimiento constante durante todo el día.

La importancia de las cámaras rompe presiones radica en que, existe un nivel desigual entre los puntos que se encuentran a lo largo de la cadena de conducción y el punto de captación, lo cual genera presiones elevadas que sobrepasan el valor de la máxima permitida por la tubería, trayendo como consecuencia la ruptura de las mismas. Por lo tanto, la implementación de este tipo de cámaras dependerá de la inclinación o pendiente del terreno, que incide directamente sobre la velocidad del flujo de agua. En terrenos con altas pendientes el manual de la OPS recomienda la colocación de tanques rompe presiones cada 50 metros de línea de conducción (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2004).

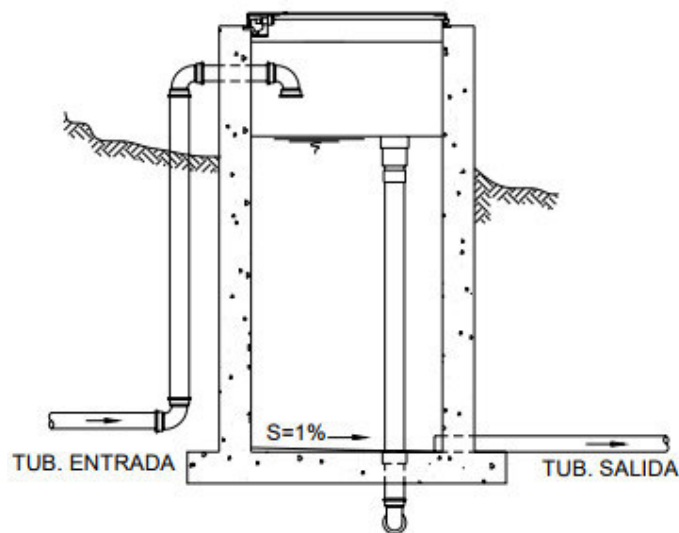


Ilustración 19: Cámara rompe presión

Fuente: Álvaro Ávila

La energía soportada por cada tanque rompe presión debe ser calculada en base a la energía generada por el flujo y la pendiente, lo que se fundamenta en el Principio de Bernoulli, que describe o explica el comportamiento de un líquido

que se mueve a lo largo de un caudal. En este sentido, en cualquier línea de corriente que atraviesa una sección de un canal, se define como energía total del caudal a la suma de la energía de posición, más la de velocidad (Villón, 2007).

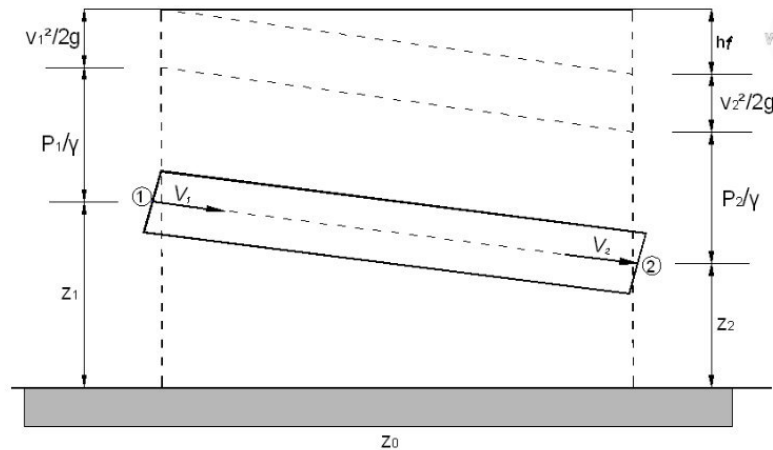


Ilustración 20: Deducción de Bernoulli a través del flujo permanente y uniforme.

Fuente: SAGARPA, Líneas de conducción por gravedad.

La cantidad de energía gravitacional presente en el agua se encuentra representada por la presión, y se determina a través de la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f$$

Donde:

- Z = Cota de cota respecto a un nivel de referencia arbitraria
- P/γ = Altura de carga de presión (P es la presión y γ el peso específico del fluido (m))
- V = Velocidad media del punto considerado (m/s)
- Hf = Es la pérdida total de carga o energía que se produce de 1 a 2.

Si $V_1 = V_2$, y como el punto 1 está a presión atmosférica, es decir $P_1=0$, entonces:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - H_f$$

5.1 Análisis de Rangos Comunes de Caudales

Los caudales pueden ser clasificados de acuerdo al gasto que realizan. Por otra parte, el flujo en un conducto puede ser clasificado en: flujo en canal abierto (en el cual la superficie es libre) o flujo en tubería. En el caso de canal abierto, la superficie se encuentra sometida a la presión atmosférica. En cambio, en el caso de flujo en tubería, al estar el agua encerrada en un conducto, está condicionada por la presión hidráulica (González, 2006).

En los canales, el agua circula gracias a la gravedad, sin la presencia de ninguna presión, puesto que la superficie del líquido se encuentra en constante contacto con la atmósfera. En cuanto a la tipología de los canales, estos pueden ser naturales (ríos, arroyos) o de carácter artificial, es decir, construidos por el hombre. En esta última clasificación se encuentra a aquellos conductos cerrados como tuberías o alcantarillas (Villón, 2007).

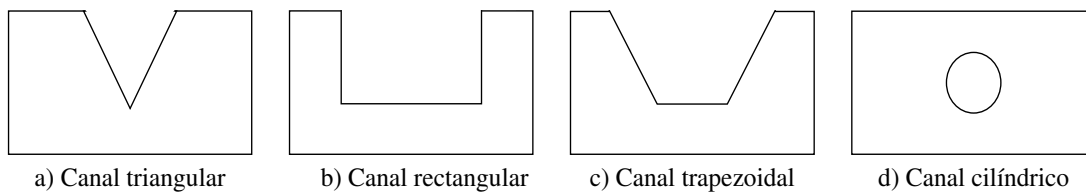


Ilustración 21: Tipos de canales

Elaborado por: Álvaro Ávila

El caudal que acomete en los tanques rompe presiones dentro de un sistema de distribución hidráulica, dependerá del tipo de flujo originado por la fuente de agua. En este sentido Zucarely y Morresi (2015) explican que los flujos abiertos, tales como los caudales naturales de los ríos, pueden ser clasificados según sea laminar, es decir, del tipo suave, o del tipo turbulento con movimiento caótico, de la siguiente manera:

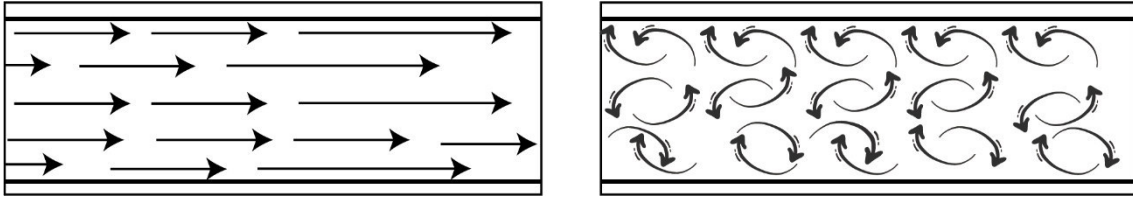


Ilustración 22: Tipos de flujos

Fuente: http://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=5211

Además, los flujos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Laminar – subcrítico
- Turbulento – subcrítico
- Laminar – supercrítico
- Turbulento – supercrítico

La velocidad del caudal o flujo del agua dependerá entonces de los tipos de canales que forman parte del sistema, ya sean naturales o artificiales, y que incidirán sobre el transporte del agua y en la generación de presiones.

Según (SAGARPA, 2012), las tuberías sujetas a presión gravitatoria presentan dos circunstancias:

- Donde la diferencia de alturas es mínima como para brindar una presión óptima que permita el funcionamiento, se utilizan tubos de diámetros grandes, permitiendo la minimización de pérdidas de energías por fricción, además evita la necesidad de bombeo.
- Otra circunstancia se produce cuando la diferencia de alturas produce una presión mayor a la requerida, para lo cual se utiliza tuberías de diámetros pequeños, con la finalidad de minimizar las ganancias de presión.

La línea de conducción del agua debe ser diseñada en función del gasto requerido, así como del gasto disponible que las fuentes de abastecimiento se encuentren en condiciones de proporcionar. En este sentido, es necesario conocer el tipo de fuente, entre las cuales se tiene a los manantiales, presas, galerías filtrantes, entre otras; y, además, conocer sus respectivos niveles de agua. El funcionamiento de los sistemas de conducción debe ser de 24 horas, con lo que se evita el continuo cierre de válvulas. Para lograr esto es necesario

que el gasto máximo diario sea igual a una sola descarga proporcionada por el sistema (SAGARPA, 2012).

Por otra parte, en el caso de que el gasto disponible presente un volumen menor al gasto máximo requerido para un día, una de las soluciones es la implementación de otra fuente complementaria que abastezca el sistema, con lo que se solventa la diferencia faltante para el gasto requerido. De acuerdo a esto, el gasto faltante se puede obtener a través de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{24}{N} (Q_{md} - Q_{disponible})$$

Donde:

Q_{md} = gasto máximo diario, lps.

$Q_{disponible}$ = Gasto disponible, lps.

N = tiempo de funcionamiento del gasto Q faltante, hr.

En el caso en el que el gasto proporcionado por la fuente de abastecimiento posee un volumen mayor o igual al gasto máximo requerido por día, no es un requisito indispensable la construcción de un tanque para la regulación o amortiguación. En estas circunstancias, la línea de conducción debe ser diseñada de manera precisa para cubrir el gasto máximo por día, siendo considerada como una línea que alimenta o abastece un tanque dedicado al amortiguamiento de una red.

Ahora bien, en los casos en que el gasto de la fuente que abastece el sistema posee un valor menor al gasto máximo requerido para el día, se vuelve necesaria la implementación de un tanque para la regulación y el amortiguamiento del agua, es decir, un tanque rompe presiones. En este planteamiento será necesario el cálculo de la energía del flujo que llega al tanque rompe presiones, con el fin de establecer los rangos de capacidad adecuados para su funcionamiento. Dichos valores serán los mínimos a considerar en la construcción del tanque a partir de fibra de vidrio.

Una vez realizada la captación del agua (tanque o estructura de captación), ésta comienza a hacer su recorrido a través del canal de conducción, en este caso una tubería, por lo que se espera un flujo uniforme a través de la misma. En este

sentido, el flujo uniforme en tuberías no posee gran complejidad en cuanto a su análisis, además sus ecuaciones son empleadas para la elaboración de sistemas de tuberías, dado que la velocidad se mantiene constante y el fluido no presenta aceleración. En concordancia con Villon (2007), el flujo uniforme es permanente, ya que en la naturaleza no existe flujo no permanente. Para reducir la complejidad de los cálculos requeridos, se considera que el flujo es uniforme en los canales y ríos.

El análisis del flujo uniforme a través de tuberías se realiza mediante la fórmula establecida por Chezy (ibidem.), la cual se expresa:

$$v = C\sqrt{RS}$$

Donde:

v	=	Velocidad media del canal, en m/s
C	=	Coeficiente de Chezy que depende de las características del escurrimiento y de la naturaleza de las paredes
R	=	Radio hidráulico
S	=	Pendiente de la línea de energía, para el flujo uniforme, es también la pendiente de la superficie libre de agua y la pendiente del fondo del canal en m/m

Para hallar el valor de C, se cuenta con la expresión de Bazin:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

En este mismo sentido Bazin presentó, en forma experimental, algunos valores de γ según los tipos de canales. En el caso de las tuberías modernas, se tiene la siguiente lista de valores de γ (Quiceno, 2012):

- 0,06 para tuberías de fibrocemento;
- 0,10 para tuberías de acero nuevas;
- 0,16 para tuberías de fundición nuevas;
- 0,23 para tuberías de fundición en servicio;
- 0,36 para tuberías de fundición con incrustaciones.

En la puesta en práctica, la estimación de la pendiente de una canal posee un valor pequeño, por debajo de los 5° de inclinación, por lo que la relación pendiente – longitud – disipación de energía es:

$$S = \frac{h_f}{L}$$

donde h_f es la energía disipada en el trecho L .

Sin embargo, existe pérdida de energía debido a la fricción por rugosidad dentro de la tubería y se puede calcular a través de la ecuación planteada por Darcy-Weisbach, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f	=	coeficiente de pérdidas
L	=	Longitud de la tubería
D	=	Diámetro de la tubería
v	=	Velocidad del flujo
h_f	=	Pérdida de energía por fricción

5.2 Planteamiento de Tanques Repartidores con Diferentes Asignaciones de Caudal para Diferentes Sectores

El diseño de los tanques repartidores dependerá de la velocidad del caudal, medido como el volumen de agua por unidad de tiempo, lo cual implicará definir los tipos de distribución que deben partir desde este dispositivo.

El diseño del tanque está en función de la eficiencia geométrica del mismo. En este caso, para fines didácticos y de prueba piloto se plantea un tanque rectangular con dimensiones 90 cm x 90 cm x 90 cm según recomendaciones del experto Ing. Sacoto (2017), construido con plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) de 15 mm de espesor; disponiendo de una estructura interna definida por una cámara de entrada, depósito y cámara de salida.

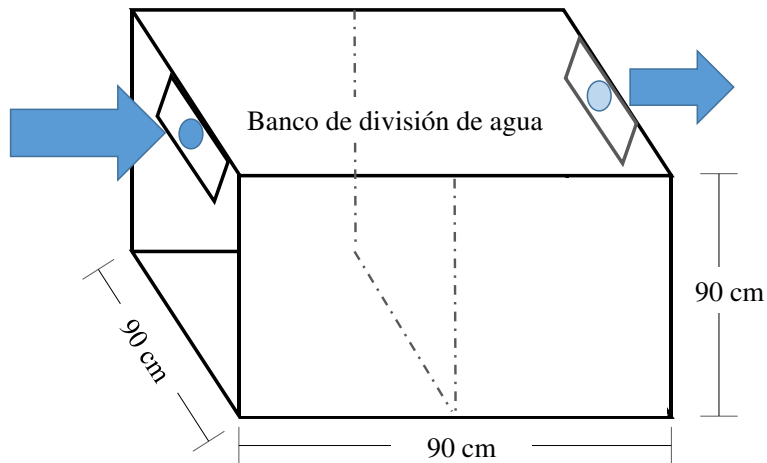


Ilustración 23: Caja rompe presiones tipo
Elaborado por: Álvaro Ávila

El diseño comprende, además, de un dispositivo para la regulación del nivel del agua dentro del tanque, que en términos de reducción de costos puede ser un sistema de flotadores, lo cual impedirá la recepción de agua cuando el tanque alcance su máxima capacidad.

Del mismo modo, cada tanque dispondrá de un sistema de desagüe compuesto por tres conexiones de PVC: 40 mm, 40 mm y 50 mm, respectivamente; según las cuales se realizará la asignación del agua y que variará en relación con las necesidades de cada sector.

En este sentido, estas conexiones regularán la salida del agua hacia las tomas finales, en las cuales se pueden incorporar medidores del paso que permitan monitorear el sistema con el fin de optimizar la distribución, controlar este sistema y planificar en función de la disponibilidad.

Además, se propone la instalación de reservorios cilíndricos con estabilizadores que permitan el almacenamiento de agua para los momentos en que disminuye el flujo en la fuente natural.

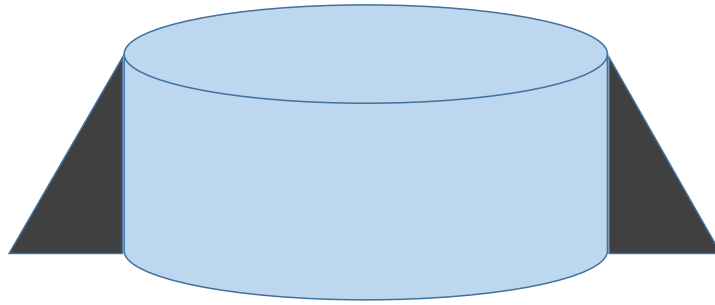


Ilustración 24: Tanque cilíndrico con estabilizadores

Elaborado por: Álvaro Ávila

5.3 Compuertas para Entrega de Agua a Parcela

Una compuerta es una estructura que permite regular la altura, mediante el bloqueo o el paso del agua, controlando el caudal generado (Villón, 2007). El caudal se origina cuando al levantarse la compuerta se libera el agua por la parte inferior de la misma. El uso de compuertas de entrega a parcela permite una mejor administración del recurso hídrico, así como un mejor control sobre el sistema, ya que permite regular el paso del agua y su utilización.

5.4 Tanque de Fibra de Vidrio

El presente diseño se plantea como un ejercicio didáctico sobre la aplicación de la fibra de vidrio en la construcción de tanques rompe presión, entre otros, para lo cual se establecerán algunos parámetros, sin pretender estandarizar sino realizar la prueba empírica del funcionamiento y eficiencia del uso del material referido. Entre dichos parámetros se consideran: diámetro de las tuberías, espesor del tanque y distribución interna.

El diseño y construcción del tanque rompe presiones de fibra de vidrio tiene tres objetivos fundamentales: el primer objetivo se refiere a su funcionalidad, es decir, la manera en la que reduce la presión del líquido hasta un valor de cero para su posterior distribución en el sistema; el segundo está orientado hacia la durabilidad del equipo, dada la resistencia y versatilidad de la fibra de vidrio; y, por último, la transportabilidad del tanque, debido a su peso, más bajo en comparación con la construcción de un tanque de hormigón, el cual requiere del

traslado de todos los materiales y equipos, así como el esfuerzo de los constructores.

En general, el diseño de un tanque rompe presiones exige el cumplimiento de los siguientes requisitos (Bolaños & Prado, 2007):

- Satisfacer las demandas inmediatas o los abatimientos inesperados del nivel, los cuales pueden ser consecuencia de la apertura de una válvula en un nivel inferior al tanque. Para esto debe crear un volumen de reserva adecuado.
- Debe tener la capacidad de evacuar de forma automática el agua, en los casos de que una válvula en un nivel inferior sea cerrada de manera repentina.
- Debe proporcionar un cambio adecuado entre la estructura prismática de la cámara con la tubería. Esto permite minimizar las pérdidas localizadas de las cargas.
- Debe impedir el acceso de aire a la tubería.
- No debe permitir el paso de cuerpos flotantes ni otros materiales hacia el interior de la cámara.

El diseño estructural del tanque se realiza bajo los conceptos estructurales relacionados con la captación, por lo cual está basado en la teoría de recipientes. En este sentido, se debe considerar que, en cualquier tipo de contenedor que se encuentre bajo una presión interna o externa, los esfuerzos actuarán sobre las capas de la pared (Universidad de las Américas Puebla, 2015). El estado del esfuerzo es triaxial, siendo:

- Esfuerzo longitudinal/meridional;
- Esfuerzo circunferencial/latitudinal; y,
- Esfuerzo radial.

El uso de la fibra de vidrio, como material de construcción del tanque rompe presiones, implica consideraciones respecto a la distribución y resistencia de la fuerza ejercida por el cuerpo de agua contenido en el espacio del tanque, jugando un papel muy importante el espesor del mismo. Cuando el espesor del contenedor es pequeño en comparación con el radio, se dice que el contenedor

está compuesto por membranas y, por consiguiente, los esfuerzos asociados resultantes de la presión se llaman esfuerzos membranales (ibidem).

El caudal que entra al tanque genera fuerzas dentro del mismo, entre ellas el peso o empuje debido a la aceleración por el paso del agua por la tubería desde un punto superior, es decir, desde el canal natural del cual se está realizando la toma para su distribución. Es por ello que, el diseño de las paredes pertenecientes a cada tanque debe ser realizada de manera tal que, resista la carga que genera el empuje del agua. En este sentido, el diseño del tanque estará definido por:

- Caudal;
- Resistencia del material de fabricación del tanque (fibra de vidrio); y
- El tiempo que se demora cámara de recepción para ser llenada.

Además, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Graduar e impedir la velocidad y cantidad del agua que accede al tanque;
- Evitar el acceso de aire a la tubería;
- Evitar el paso de materiales distintos al agua;
- Crear un volumen de reserva de agua;
- Generar una transición equilibrada, con el fin de minimizar las pérdidas de carga localizadas; y,
- Ser capaz de evacuar de forma automática el agua, en el caso de que una válvula que se encuentre en un nivel inferior sea cerrada de manera repentina.

En el planeamiento de un tanque rompe presión, se considerará el caudal utilizado por Bolaños y Prado (2007), de modo que el caudal de entrada que definirá al proyecto será, en promedio, $Q = 3,56 \text{ lt/seg}$, el cual se considerará constante para que la tubería trabaje al 100% de eficiencia.

El tanque se dividirá internamente en dos (2) partes iguales, separadas con un vertedero que tendrá como objetivo el cambio de velocidad del caudal y la distribución del agua en el tanque, con lo cual se reducirá la presión del agua a cero (0). Además, contará con una válvula al ingreso y otra en la salida, en concordancia con el diámetro de la tubería utilizada.

Las dimensiones del tanque deben ser definidas con base al volumen del mismo, por lo que, se establece que el tiempo necesario para que la cámara de recepción del tanque sea llenada (t) será de 10 minutos, es decir, 600 segundos.

A continuación, se presentan los cálculos respectivos:

$$V = \text{volumen}$$

$$V = Q \cdot t$$

$$V = (3,56 \text{ lt/seg}) \cdot 600 \text{ seg}$$

$$V = 2.136 \text{ lt} \equiv 2,136 \text{ m}^3$$

Suponiendo que la altura del tanque (h) será de 90 cm, se tiene que el área:

$$A = V / h$$

$$A = 2,136 \text{ m}^3 / 0,9 \text{ m}$$

$$A = 2,37 \text{ m}^2$$

Por lo que cada lado (l) puede ser igual a:

$$l = \sqrt{2,37 \text{ m}^2} = 1,54 \text{ m}, \text{ si se quiere una base cuadrada}$$

Si se quiere una base rectangular se puede tomar:

un lado igual a 1,00 m y el otro igual a 2,37 m; para efectos didácticos se tomará el diseño de base cuadrada.

De esta manera, el diseño general del tanque será:

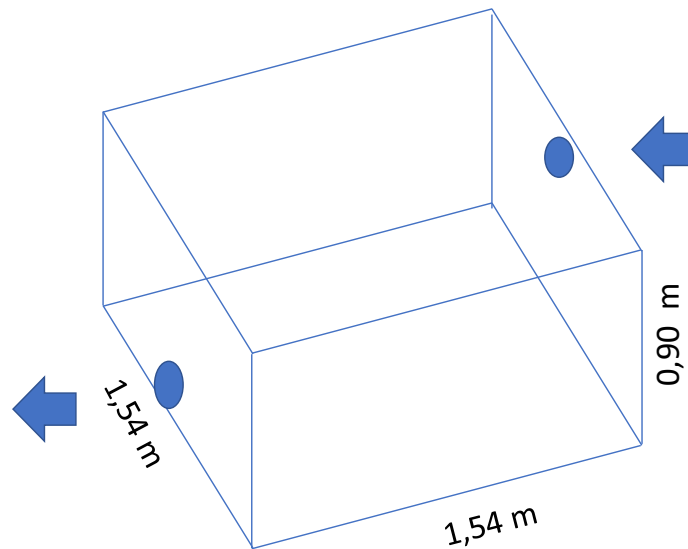


Ilustración 25: Dimensiones del tanque rompe presiones según el diseño hidráulico
Elaborado por: Álvaro Ávila

5.5 Elaboración práctica del tanque rompe presiones

La construcción del tanque rompe presiones y repartidor de caudal propuesto requiere de la organización y manipulación de una serie de materiales y equipos, con los cuales se podrá materializar la propuesta (GRUPO SUR, 2014). En este contexto, se presentan se enlistan las fases que deben ser completadas para la construcción del tanque rompe presiones:

- Se construye el molde base para el tanque rompe presiones. Para ello se requiere la construcción de una caja de madera con las dimensiones mostradas en los planos adjuntos. Se recomienda la utilización de madera con bajo grado de porosidad, lo cual ayudará en la reducción del agarre por porosidad.
- El molde debe incluir los espacios para generar las conexiones mediante dispositivos hidráulicos fijos. Esto permitirá incorporar al cuerpo del tanque, de manera directa, los conectores de entrada y salida de agua.
- Recubrir el molde con líquido desmoldante. La aplicación se realiza con una esponja sobre el molde, sobre el cual se colocará la mezcla de fibra de vidrio; de modo que éste logre despegarse de manera fácil y se evite la ruptura del material. Este procedimiento se realiza en dos (2) oportunidades, con tiempo de separación en la aplicación de 15 min. El

líquido desmoldante puede ser suministrado mediante el empleo de una brocha; sin embargo, si se desean obtener resultados óptimos, es necesario el uso de una pistola de rociado. (fullmecanica.com, 2014).

- El líquido desmoldante, es un componente líquido a base de Alcohol Polivinílico de color azul que, al aplicarse sobre la superficie del molde previamente encerado, secará y formará una pequeña capa que permitirá entonces la aplicación del gel-coat, fibra y resina, para posteriormente poder desmoldar las piezas sin que éstas se peguen al molde (www.resinapoliester.com.mx, 2013).
- En un envase limpio, con capacidad de entre 40 y 60 litros, se vierte el gel base (gel-coat).
- Mezclar el gel con el catalizador, el cual será Peróxido de Mek con una medida proporcional al 1% del gel. El Peróxido de Metil Etil Cetona tiene por función la de ser un catalizador de resinas de poliéster insaturadas, y se emplea generalmente a temperatura ambiente (www.oxidorsa.com, 2015).
- Se cubre el molde con la mezcla plástica base en dos (2) oportunidades, con separación de 15 minutos.
- Aplicar la primera capa de malla de fibra de vidrio sobre el molde, lo cual se realiza impregnándola con resina de viniléster, catalizada al 1% de Peróxido de Mek.
- Se deben eliminar las burbujas formadas durante la aplicación del catalizador; esto se hace con un rodillo metálico, con el cual se logra la compactación del material y la eliminación de excesos.
- La primera capa debe dejarse secar durante 12 horas. Es muy importante que en esta primera fase se realice la reproducción fiel del molde, ya que cualquier error formará parte del producto final, es decir, el tanque resultará con desperfectos.
- Una vez pasadas las 12 horas de secado, se realiza la aplicación de cinco (5) capas adicionales de fibra de vidrio, respetando la catalización con la resina al 1% del volumen. Eliminando, en cada aplicación, las burbujas con el rodillo de metal. Una vez finalizado este proceso se deja secar por 12 horas.

- Desmoldar el tanque, con el apoyo de un mazo de goma que ayude a despegar los ángulos difíciles.
- Lijar el tanque desmoldado con una lija de 320 granos e ir aumentando hasta finalizar con lija de 1.200 o 1.500 granos. El procedimiento puede concluirse con el pulido con máquina, eliminando ralladuras e imperfecciones.
- Aplicar nuevamente líquido desmoldante sobre el molde, con el fin de curarlo y dejarlo preparado para la repetición del proceso.

En la siguiente ilustración se puede apreciar el esquema general del proceso:

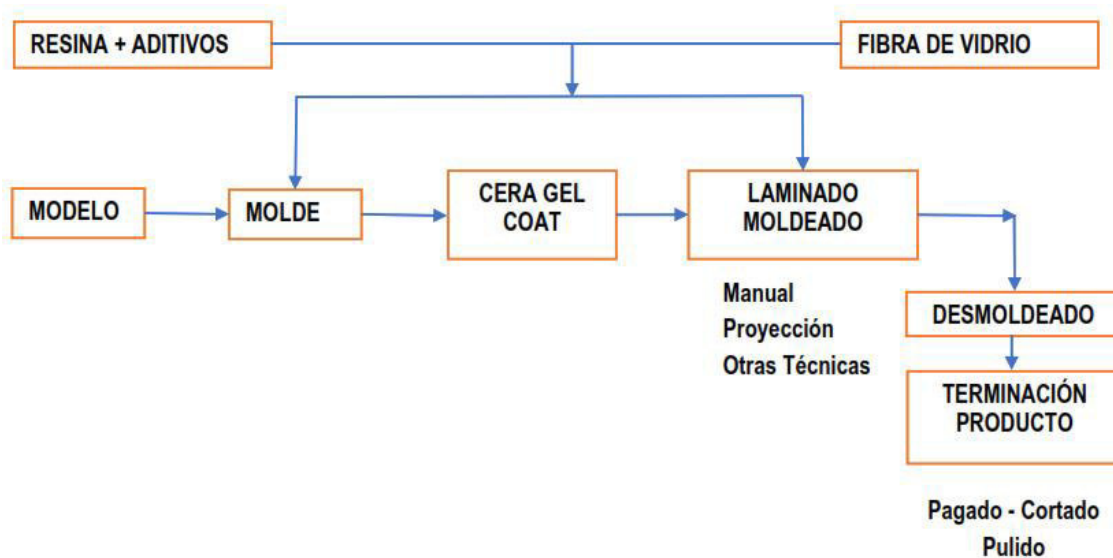


Ilustración 26: Esquema general de un proceso de fabricación de piezas de plástico reforzado
Fuente: Álvaro Ávila

5.6 Fabricación De Elementos De Fibra De Vidrio

Los materiales de utilización para el presente proyecto se describen con mayor amplitud en los párrafos siguientes, de acuerdo con cada una de las etapas de la fabricación, para ese fin se han reconocido 3 etapas de fabricación para los elementos constituidos por fibra de vidrio, esta metodología se utiliza y aplica con cualquier elemento de este material, y no se discretiza esta metodología únicamente con el proyecto descrito en este documento.

La metodología se puede resumir en una primera etapa de construcción de un pre-molde con elementos de madera, los cuales servirán como apoyo para los elementos que conforman un molde definitivo.

Una vez obtenido el molde, este contribuirá con la construcción de un prototipo definitivo de este mismo material.

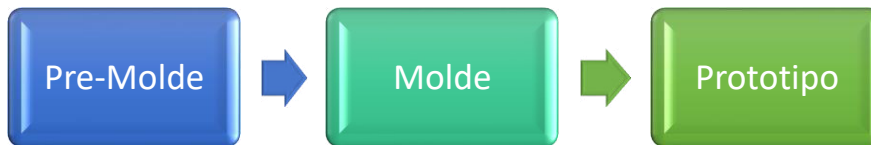


Ilustración 27: Metodología de Construcción de Prototipos en Fibra de Vidrio

Elaborado Por: Álvaro Ávila

5.6.1 Construcción Pre-Molde

Esta etapa comprende la fabricación de un pre-molde compuesto mayoritariamente por madera MDF de diferentes espesores, mismo que servirá de apoyo para la construcción de un molde definitivo. Este primer elemento se construye con los materiales descritos a continuación:

- Madera: MDF TRUPAN de 15mm – Esta se debe someter a la realización de cortes y moldeados para formar canales y elementos requeridos.
- Material de adherencia: Cola Pega, su función es adherir los elementos de MDF ayudando así a los elementos de fijación.
- Elementos de fijación: Clavos de 1 a 2 pulgadas, son el componente principal de unión que permiten la fijación permanente de las diferentes partes de MDF, formando un elemento monolítico.
- Varios: (venas exteriores y canales) MDF TRUPAN 6mm, Evercoat Masilla Plástica, lija 150 y 360.
- Fondeado: fondo laca con catalizador, pintura de fondo catalizado.

Para el proceso de construcción de los pre-moldes se pueden emplear diferentes herramientas de acuerdo con los requerimientos de elemento a construir:

- Amoladora con disco para madera
- Taladros

- Caladoras
- Prensas manuales
- EPP's
- Escuadras, lijas, varios.

5.6.2 Fabricación Molde

Una vez definidos los elementos y materiales necesarios para la construcción del pre-molde se describen a continuación los pasos de fabricación del molde y sus componentes:

El molde está formado de Shelco que se compone de resinas, pigmentos en pasta de procedencia colombiana (El de procedencia nacional no tiene consistencia y no genera contacto con la resina) y cobalto en diferentes proporciones.

La utilización de pigmento nacional genera problemas constructivos y elementos de mala calidad en reacción con los diferentes componentes utilizados, es por esta razón por lo que se descartó este material.

El Shelco se coloca en varias capas, cada una debe esperar un tiempo de secado aproximado de 1 hora antes de aplicar la siguiente.

Se generan varias capas y una vez terminado el proceso se procede con la fibra de vidrio para formar el molde.

Obtenido el molde se pasan lijas de agua para que tenga brillo y nitidez, adicionalmente también se le pule.

Finalmente, el dispositivo esta presto a servir de apoyo para la construcción de un prototipo de fibra de vidrio y de los diferentes elementos de control.

5.6.3 Fabricación Prototipos

Los elementos definitivos que componen el tanque divisor de caudales se lo construyen de acuerdo con la siguiente descripción:

Para general el molde se ha de colocar 7 capas de cera simonis y 4 capas de desmoldante (Alcohol Polivinilico).

Se prepara el color del tanque, el cual es de color verde y la parte interior de color claro (Blanco) este se compone de Shelco, resina, pigmento, estireno, cobalto y coboxil el cual evita que estos compuestos goteen, una vez colocado el Shelco se debe esperar que se seque el mismo antes de empezar a laminar, se aplica en dos capas. El proceso consiste en una capa gruesa de Shelco y otra lamina delgada,

La parte exterior e interior se aplica dos capas de fibra de 4,50 mm de espesor y coremat.

Al momento de colocar las capas de fibra en el Shelco se lo hace con: resina cobalto estireno caboxil y finalmente se cataliza.

Una vez que se tenga ambas piezas, estas se deben prensar, antes de unir ambas piezas se coloca Madera Trupan en las esquinas de su base en forma de triángulos más un refuerzo del mismo material en el centro siendo este de forma circular, la madera es de 15 mm de espesor, una vez colocada la madera se recubre con fibra y posteriormente con lana de vidrio.

La unión entre elementos se puede hacer mediante un sellador SIKA A1 apto para estar en permanente contacto con el agua, tiene la propiedad de no contaminar el agua.

5.7 Criterios, Diseño E Idealización De La Estructura

Las consideraciones preliminares del diseño se establecen las siguientes:

Como consideración preliminar se establece que la rugosidad de dicho material es igual al del PVC.

Las deformaciones del material por presión en las paredes de la estructura son despreciables.

Serán despreciables las variaciones luego del milímetro, en las dimensiones producto del proceso constructivo.

Los cálculos se realizarán con aproximación de 3 decimales.

Consideraciones adicionales se determinarán durante los procesos siguientes.

La idealización de la estructura a construirse iniciará con una estructura de aforo y repartición de caudales, el mismo contendrá verteros removibles y de secciones geométricas diferentes, cabe mencionar que, al poseer paredes removibles, el sistema también podrá implementar orificios para una adecuada caracterización de los fenómenos hidráulicos que gobiernan cada sistema de aforo.

El gráfico siguiente, muestra una esquematización de la funcionalidad de las paredes removibles de la caja repartidora de caudales.

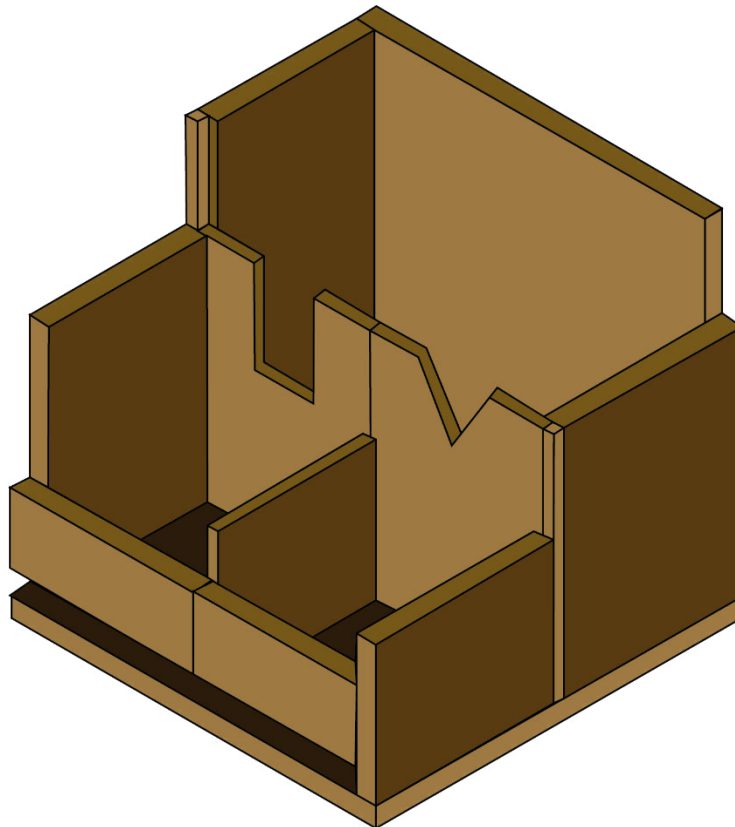


Ilustración 28: Isometría del Tanque Repartidor de Caudales
Elaborado Por: Álvaro Ávila

La caja de repartición de caudal tiene un espacio libre entre las paredes exteriores (Amarillas) igual a 70 cm, tanto de largo, ancho y altura. En el gráfico se han excluido las alturas de 70cm en las paredes frontales y partes laterales para apreciar las divisiones internas.

Los vertederos (Verde claro y oscuro), pueden ser de secciones variables y formas geométricas diferentes, en el caso del grafico anterior tenemos un vertedero rectangular y otro triangular.

Al tratarse de vertederos removibles estos deberán ser ajustados por medio de los canales dispuestos a lo largo de la pared vertical (Amarilla), dicho canal se ha resaltado con el color Rojo en el tramo de inserción del vertedero, así mismo se ha de asegurar estos con material adecuado para evitar filtraciones del sistema.

El elemento divisor de caudales (Morado), será el encargado de evitar que las aguas destinadas a diferentes propósitos se reúnan aguas debajo de los vertederos.

Finalmente, la pared vertical amarilla ubicada en la salida del flujo se hará a manera de orificio rectangular con descarga libre, esto con el fin de determinar el comportamiento hidráulico de estos elementos de control.

5.8 Ecuaciones De Calculo

Las ecuaciones que gobiernan el paso del flujo por vertederos dependen de la geometría del vertedero, es así que para cada tipo de vertedero tenemos las ecuaciones que se muestran a continuación:

5.8.1 Para Vertederos Rectangulares constan de una sección cuyo ancho denotamos con L y su alto h se mide a una distancia d mayor a $4h$. Ver figura siguiente:

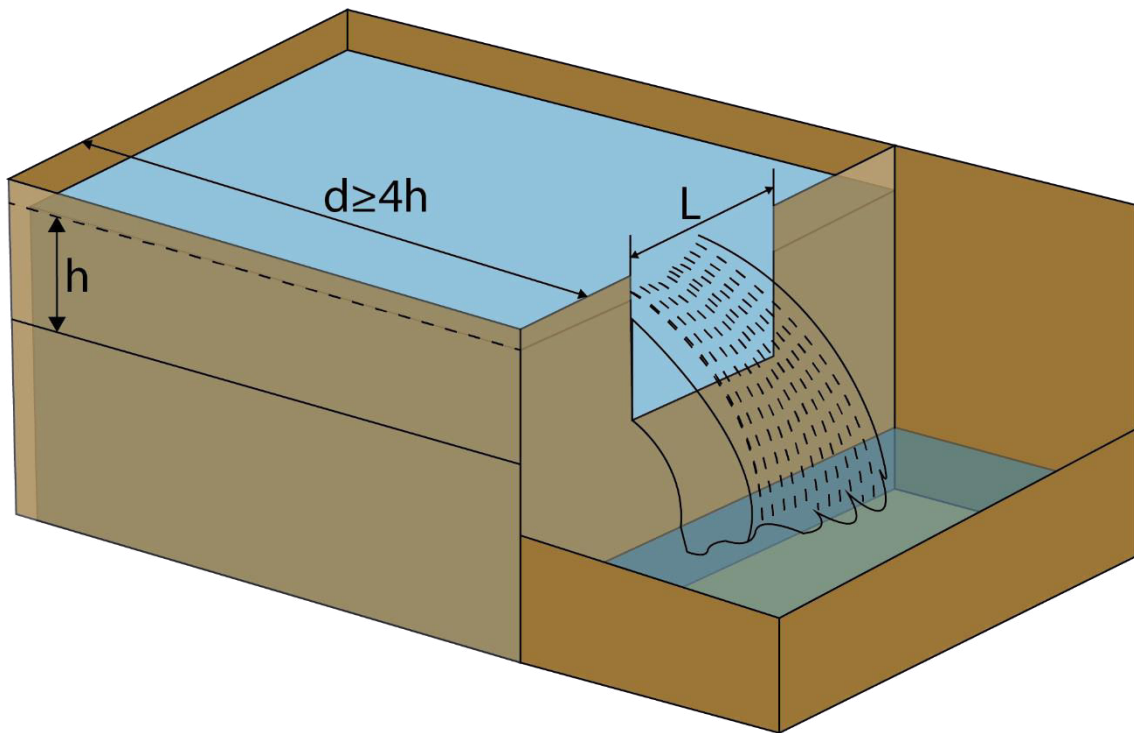


Ilustración 29: Vertedero Rectangular, Partes Constitutivas

Fuente: Diseño de Estructuras Hidráulicas (Máximo Villón)

La fórmula que relaciona el paso del flujo y la geometría de este vertedero es la siguiente:

$$Q = 1.84(L - 0.1nh)h^{3/2}$$

Donde:

Q = es el caudal que fluye por el vertedero

L = es el ancho del vertedero

n = es el número de contracciones del vertedero

h = es la carga de agua sobre el vertedero

5.8.2 Para Vertederos Triangulares otra de las formas convencionales es el triangular cuyo caudal está en función del ángulo y su carga de agua como se muestra en la figura siguiente:

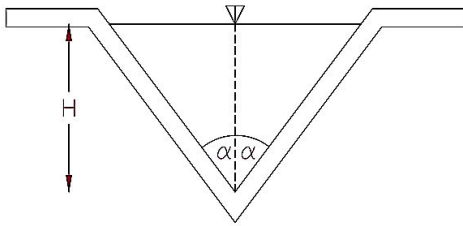


Ilustración 30: Vertedero Triangular. Partes Constitutivas.

Fuente: Álvaro Ávila

La fórmula que relaciona la geometría de este vertedero es la siguiente:

$$Q = Cd h^{5/2}$$

Donde:

Cd = es el coeficiente de descarga del vertedero en función del ángulo y

h = es la carga de agua sobre el mismo.

El coeficiente de descarga para el cálculo se puede tomar de acuerdo con la tabla siguiente:

Angulo α (Grados)	Valido para $h >$	Coeficiente
15.00	0.150	0.206
30.00	0.205	0.392
45.00	0.185	0.596
60.00	0.170	0.819
90.00	0.140	1.400
120.00	0.120	2.465

En el caso de orificios, las ecuaciones que relacionan el fenómeno hidráulico de este tipo de flujos son las siguientes:

5.8.3 Orificios de Descarga Libre como se muestra en la figura siguiente, su descarga se halla libre, es decir; no tiene interferencias aguas abajo pues, el nivel de líquido aguas abajo está por debajo del orificio.

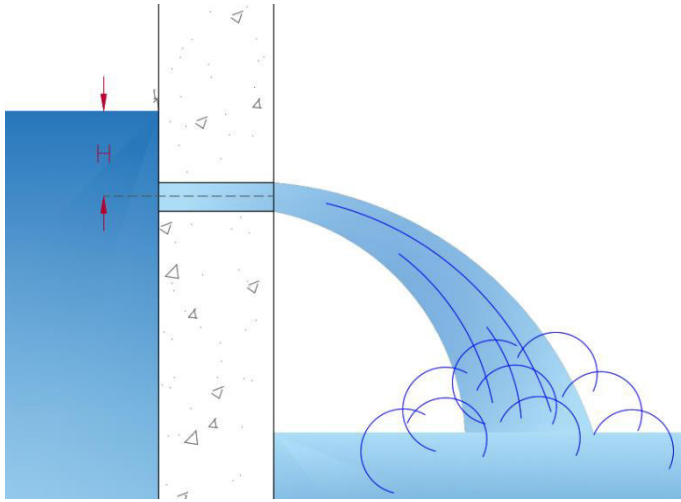


Ilustración 31: Orificio de Descarga Libre

Fuente: Diseño de Estructuras Hidráulicas (Máximo Villón)

La ecuación que relaciona el paso del flujo con la geometría del orificio se expresa así:

$$Q = Cd Ao (2gh)^{1/2}$$

Donde:

Q = es el caudal que fluye por el orificio

Cd = es el coeficiente de descarga (Valor sugerido 0.60).

Ao = es el área del orificio

g = es la gravedad igual a 9.806 m/s²

h = es la carga de agua medida al centro del orificio

Orificios con descarga sumergida: se trata de una descarga sumergida cuando el nivel aguas abajo está por encima del canto interior del orificio, tal y como se muestra a continuación:

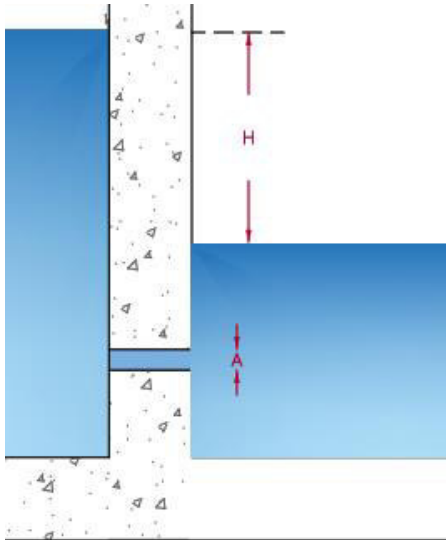


Ilustración 32: Orificio de Descarga Sumergida

Fuente: Diseño de Estructuras Hidráulicas (Máximo Villón)

La ecuación que relaciona el paso del flujo con la geometría del orificio se expresa así:

$$Q = Cd Ao (2gh)^{1/2}$$

Donde:

Q = es el caudal que fluye por el orificio

Cd = es el coeficiente de descarga

Ao = es el área del orificio

g = es la gravedad igual a 9.806 m/s²

h = es la diferencia de carga a ambos lados del orificio

5.8.4 Determinación del Coeficiente de Descarga

Tal y como lo señalan las diferentes bibliografías, para obtener experimentalmente el coeficiente de descarga Cd, se deben realizar las siguientes actividades:

- En la estructura elaborada con un orificio, se medirá la carga de agua h.
- Se dejará circular el fluido, registrando el volumen y el tiempo.
- Se determinará el área de dicho orificio.

- a) Base calculada: 7.50 cm Base construida: 7.40 cm
- b) Alto calculado: 8.00 cm Alto construido: 7.80 cm
- Vertedero Triangular:
 - a) Alto calculado: 13.00 cm Alto construido: 13.20 cm
 - b) Ancho correspondiente a 15° construido 3.40 cm

De acuerdo con estas medias, se procedieron a ejecutar los aforos de la bomba cuyo caudal teórico es 1.3333 lt/segundo, el procedimiento de validación del caudal circulante se define a continuación:

- Llenado de un tanque metálico de 57.00cm de diámetro y alto controlado de 60cm.
- Vaciado de este volumen de agua por medio de la bomba a un tanque metálico secundario.
- Determinación de tiempo transcurrido entre el vaciado de este volumen.
- Determinación del caudal abastecido por la bomba.

Finalmente se pudo determinar que el caudal abastecido por la bomba es de 1.306 lt/segundo que se considera igual al valor teórico indicado por el fabricante de la bomba.

5.9.1 Vertedero Rectangular

De acuerdo con lo expuesto, se aplicará la siguiente formula:

$$Q = 1.84(L - 0.1nh)h^{3/2}$$

Donde:

- Q =es el caudal de agua que circula por medio del vertedero.
- El número de contracciones n es igual a 2
- Se asume una base (L) igual a 7.5 cm (Valor obtenido luego de la Fabricación)
- La altura de agua (h) es igual 3.5 cm luego de realizada la práctica. (Ver fotografías adjuntas del proceso práctico).

Aplicando la ecuación se puede determinar que el valor de caudal circulante por el vertedero es de 0.8192 lt/segundo.

Luego de las prácticas realizadas se pudo determinar que el bordo libre conservado es de 4.30 cm respecto al planteado de 5.00 cm.

El tipo de vertedero es de cresta delgada pues la relación entre el espesor de la pared del vertedero (0,5cm) y la carga de agua h , es 0.14 el cual es menor que 0.67. (Condición que se debe cumplir para que el vertedero sea de cresta delgada).

Así mismo de acuerdo con los cálculos realizados se puede apreciar el comportamiento del caudal generado para una misma base de 7.50cm y una carga de agua variable desde 0 hasta 25 cm.

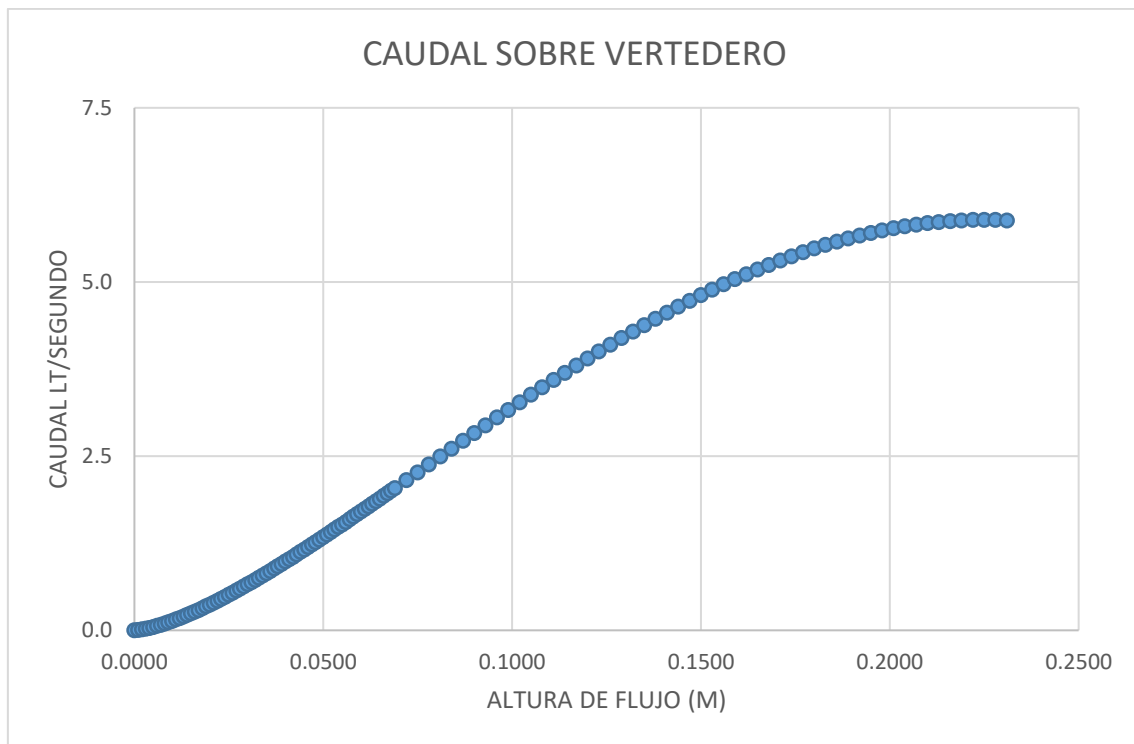


Ilustración 34: Comportamiento de Vertedero Rectangular B=7.50cm

Elaborado Por: Álvaro Ávila

Claramente podemos ver que el vertedero tiene un punto máximo de eficiencia para un valor de H cercano a 0.225 metros.

5.9.2 Vertedero Triangular

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$Q = Cdh^{5/2}$$

Donde:

- Q = es el caudal asignado a dicho vertedero
- Dado que es una estimación inicial y durante la práctica se validará el uso del coeficiente de descarga sugerido, se aplicará un valor de 0,206 para un ángulo de 15 grados, el ángulo obtenido luego de su construcción es 15.104 grados.
- La altura de flujo medido durante la práctica es igual a 8.90cm.
- De acuerdo con los criterios anteriores y con la aplicabilidad de la fórmula el caudal teórico que circula por el vertedero es igual a 0.4868 lt/seg.
- De acuerdo con la alteración de la sección y el ángulo central se puede determinar que el área incrementada por errores de fabricación es de 3.83%.
- Por lo que si se toma en cuenta el mismo incremento en el caudal teórico circulante por el vertedero tenemos un caudal corregido de 0.5054 lt/seg.

De la misma forma, para una carga de agua variable (h), en el cuadro siguiente podemos apreciar el comportamiento hidráulico de un vertedero con ángulo de 15 grados.

Se puede apreciar entonces dichos valores graficados, en donde la tendencia crece indefinidamente a medida que se aumenta la carga de agua sobre el vertedero:

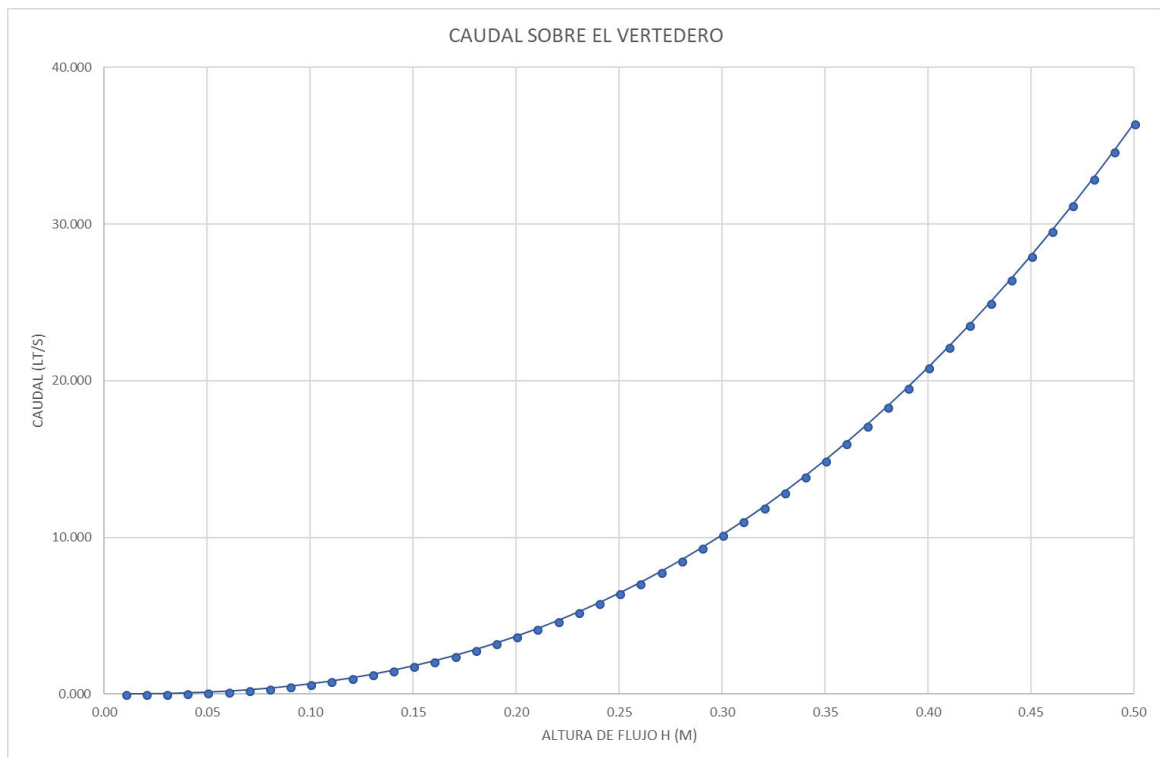


Ilustración 35: Comportamiento de un vertedero triangular Angulo de 15 Grados

Elaborado Por: Álvaro Ávila

Una vez analizado el comportamiento de cada sección podemos determinar que la suma del caudal del vertedero triangular (0.5054 lt/seg) y rectangular (0.8192 lt/seg) es igual a 1.325 lt/seg que es similar al valor obtenido mediante los aforos de la bomba, corresponde entonces a un 99,35% del caudal abastecido por lo que se puede considerar que el comportamiento de estos vertederos es el adecuado y el esperado.

5.10 Planos Del Diseño

Los planos constructivos se pueden apreciar en formato A1 en el Anexo de este documento. En los cuales se pueden detallar los siguientes detalles:

- Plano de planta.
- Plano de corte eje a-a
- Plano de corte eje b-b
- Plano de corte eje c-c
- Plano de corte eje d-d

- Plano de corte eje e-e
- Isometría

5.11 Construcción Del Prototipo

En la construcción de prototipo, tal y como se mencionó en el capítulo anterior, se han utilizado los siguientes procedimientos descritos a mayor detalle con su adjunto fotográfico:

- La madera MDF se corta de acuerdo con el detalle de los planos, el espesor de la madera es de 15 mm en su mayoría y de 6 mm para las áreas donde se requieren canales para los vertederos:



Fotografía 1. Proceso de construcción del pre-molde con Madera MDF
Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 2. Utilización de MDF en varias capas para modelar elementos
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Como se puede ver en las fotografías siguientes, se han formado las paredes y canales mediante la unión de placas de MDF con la ayuda de pegamento y clavos:



Fotografía 3. Unión de MDF mediante clavos.

Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 4. Unión de placas de MDF mediante pegamento y Clavos

Elaborado Por: Álvaro Ávila

- De esta forma, se ha elaborado tanto paredes verticales y elementos horizontales que servirán de apoyo para la creación de un molde inicial:



Fotografía 5. Creación del pre-molde en MDF, elementos horizontales, verticales y otros.

Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 6. Vista interior del pre-molde de MDF

Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Como se muestra a continuación, el molde contiene elementos sobresalientes que actúan como elementos rigidizadores del tanque:



Fotografía 7. Elaboración de Rigidizador de MDF para Pre-molde

Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 8. Montaje de Rigidizadores en Pre-molde de MDF

Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Una vez construido el elemento de madera se debe recubrir con un fondo como se ve a continuación:



Fotografía 9. Fondo sobre el pre-molde.

Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 10. Fondo terminado sobre el pre-molde

Elaborado Por: Álvaro Ávila

- El proceso sigue como el descrito en el capitulo I del presente, tal como se muestran en las siguientes fotografías:



Fotografía 11. Elaboración del Pre-Molde
Elaborado Por: Álvaro Ávila



Fotografía 12. Estructura de metal para evitar deformaciones sobre el MDF
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Finalmente, el prototipo se fabricó bajo los parámetros anteriormente descritos y con las formas planteadas.



Fotografía 13. Finalización de la construcción
Elaborado Por: Álvaro Ávila

5.12 Metodología De Los Ensayos Realizados

5.12.1 Caudales de abastecimiento de agua para los ensayos

La idealización preliminar de un sistema de gestión de caudales mediante una estructura prototipo conlleva ajustarse a las condiciones accesibles para el autor, es por ello por lo que requerimos establecer una dotación constante de agua para los ensayos futuros.

5.12.2 Caudal de Prueba

Para la realización del prototipo y dimensionamiento de los componentes del mismo, es necesario realizarla en base a la disponibilidad de recursos materiales que se disponen para este tipo de ensayos:

- El proceso de circulación de agua será realizado por medio de un tanque metálico provisto con una bomba sumergible que abastece un caudal de 80lt/min, el cual previamente deberá ser validado por medio de aforos.
- Una vez que el caudal es depositado en el tanque repartidor se conectará por medio de tuberías con el tanque metálico de abastecimiento para la recirculación del caudal.

Los materiales mínimos que se requerirán para la puesta en marcha y abastecimiento serán al menos los siguientes:

- Bomba Sumergible de 80 litros/minuto.
- Tanque metálico capacidad mínima 55 galones.
- Tubería de descarga de 50mm
- Codos de PVC 50mm
- Unión de PVC 50mm
- Tee de PVC 50 mm
- Teflón

El caudal de circulación por medio del prototipo se establece en 1.333 litros/segundo.

5.13 Metodología Empleada

- Ubicación del tanque metálico en cota inferior para el correcto funcionamiento de la bomba eléctrica.



Fotografía 14. Abastecimiento y recirculación de agua sobre el prototipo
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Ubicación y nivelación del prototipo en una cota superior a la del tanque metálico.
- Desalojo del caudal circulante por el prototipo, por medio de tuberías de $D=50\text{mm}$, hacia el tanque metálico de abastecimiento.
- Recirculación y determinación de comportamiento del prototipo y del flujo dentro del mismo.



Fotografía 15. Abastecimiento y funcionamiento de vertederos.
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Determinación de alturas de agua una vez establecido el comportamiento estable de los niveles de flujo.

5.14 Funcionamiento Del Sistema

Una vez realizada la práctica se pudo determinar las siguientes características en el flujo:

- El sistema inicia el proceso de llenado del volumen existente entre la parte inferior de los vertederos y el fondo del prototipo, el tiempo aproximado de llenado es de 1 minuto dado que la capacidad del compartimento es 85 litros.
- Se inicia un proceso de paso de agua únicamente por medio del vertedero triangular cuya cota inferior esta por debajo del nivel del vertedero rectangular con una diferencia igual a 5.20 cm.
- La altura de agua (H) sobre el vertedero triangular se incrementa gradualmente hasta alcanzar la cota base del vertedero rectangular, instante en el que el flujo empieza a caer por el vertedero rectangular.
- La altura de flujo sobre el vertedero rectangular y triangular se incrementa gradualmente en ambos, hasta alcanzar un nivel en donde se estabilizan ambas alturas.
- Una vez estabilizado el paso del flujo sobre los vertederos se procedió a determinar las cargas de agua (H) para cada uno de los casos, siendo los anteriormente indicados 3.50 y 8.90 cm para los vertederos rectangular y triangular correspondientemente.



Fotografía 16. Paso de agua y determinación de niveles en el vertedero triangular.
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- Una vez que se pudo determinar que los flujos de agua corresponden a caudales de 0.505 y 0.819 lt/seg, se procedió con el aforo del caudal saliente por medio de cada una de las tuberías.



Fotografía 17. Paso de agua por vertederos y salidas por tuberías de PVC 50mm
Elaborado Por: Álvaro Ávila

- La medición de los caudales se realizó mediante un tanque de 0.57m de diámetro y 0.50m de altura el cual permitió la determinación del volumen y tiempo de llenado del recipiente dando como resultado un caudal igual a 0.49 lt/seg y 0.805 lt/seg para el vertedero triangular y rectangular correspondientemente.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El control de los caudales del agua para su uso por parte de la población, ya sea en actividades domésticas o económicas, es de suma importancia, implicando la administración eficiente del recurso por parte de las autoridades ambientales competentes. Es por ello que la disminución de los gastos y la optimización de la eficacia de los procesos juegan un rol muy importante en este sector.

La red de distribución se compone por: canal de llamada, transición de entrada, estructura de captura y entrada, conductos o tuberías, conectores, válvulas de control, cámaras rompe presiones y cámaras de distribución.

El tanque rompe presiones son aquellos encargados de cambiar el estado de presión generado por el descenso del agua a través de las tuberías, siendo el peso y la aceleración de gravedad los factores fundamentales en la generación de fuerzas sobre el sistema, hacia un estado controlado de la presión con el fin de distribuir el agua.

La fibra de vidrio es un material de alta resistencia, durabilidad y de bajo peso en relación a su volumen, por lo que se constituye en un material de construcción eficiente, económico, resistente y seguro para el diseño y fabricación de dispositivos hidráulicos.

La construcción de tanques rompe presiones mediante el uso de materiales de alternativos, como la fibra de vidrio, se presenta como una solución técnica y económica, tanto para la reparación o sustitución de los tanques rompe presiones existentes, como para su incorporación en nuevos sistemas de distribución de agua. Además, las cualidades del material y su bajo peso en función de su tamaño permiten su fácil transportación hacia los lugares en los que se requiera, que por lo general son montaña arriba, reduciendo el esfuerzo físico requerido para la obra y el tiempo de ejecución de la misma.

La construcción del prototipo del tanque repartidor de caudal fue exitosa, la fibra de vidrio permite la construcción con un nivel de precisión bastante cercado al calculado y en las formas y geometrías programadas.

Las condiciones de realización de la practica dificultaron la determinación con precisión de las dimensiones de los vertederos y de las alturas de agua, sin embargo; las medidas y prácticas repetitivas permitieron establecer parámetros promedio de las condiciones del flujo circulante por los vertederos.

El comportamiento del flujo fue como el esperado, sin embargo; se prevé que para caudales inferiores incrementa la dificultad de medición de alturas de agua y aforos de los caudales, para aumentar la precisión en el cálculo es recomendable la realización de la práctica con herramientas de mayor precisión y/o con caudales mayores.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la prueba de este tipo de tanques hechos con fibra de vidrio en zonas de abastecimiento de agua de uso rural las que, por lo general, utilizan agua cruda o sin tratamiento en las actividades agrícolas y pecuarias.
- En futuras investigaciones, se recomienda incorporar el análisis de diseños de sistemas hidráulicos y el uso de materiales sintéticos resistentes, en función de la minimización de los gastos y el aumento de la eficacia de los procesos, con el objetivo de aumentar las capacidades y garantías del servicio.
- Diseñar, construir y probar el funcionamiento de otros dispositivos del sistema, tales como las cámaras de distribución y tanques de almacenamiento de reservas, con fibra de vidrio.
- Es necesario la generación de modelos hidráulicos particulares para la elaboración de estas prácticas, con la ayuda de herramientas de mayor precisión y caudales mayores.
- Se recomienda la realización de prácticas con caudales diferentes de manera que se puedan establecer parámetros de comparación en el comportamiento hidráulico de cada vertedero.

CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA

ARQHYS. (Diciembre de 2012). (E. d. ARQHYS.com, Productor) Recuperado el 27 de octubre de 2017, de <http://www.arqhys.com/construccion/abastecimiento-agua-gravedad.html>

Arreaga, A. (2014). Estudio de un veredero de perfil circular mediante modelación hidraulica . *ESPE*.

Balladares, A. d., & Guamán, B. (Enero de 2012). *Sistema integral de agua potable para las comunidades de chulcotoro y calquin de la parroquia de cochapamba* . Obtenido de file:///C:/Users/Erresaa-2/Downloads/UPS-ST000852%20(1).pdf

Bendezú, J. (2002). *Los plásticos reforzados en fibra de vidrio*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Bendezu_R_J/cap4.pdf

Blanxart, A. F. (Febrero de 2008). *Ministerio de trabajo y asuntos sociales España* . Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_306.pdf

Bolaños, D., & Prado, F. (2007). *Diseño del Sistema de Agua Potable para la Parroquia Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi*. Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Sangolquí, Ecuador. Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1547/1/T-ESPE-025334.pdf>

Cardenas, D., & Patiño, F. (27 de Octubre de 2010). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>

Cardenas, J. (2008). *Hormigón simple y armado* . ICC2302.

- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Aua potable, Alcantarrillado y Saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Corcho, F., & Duque, J. (2005). *Acueductos* . Medellin : Universidad de Medellin .
- Fernández, D., Martínez, M., Mendoza, C., Barajas, J., & Uribe, D. (22 de Diciembre de 2005). *SAGARPA*. Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_TANQUES%20DE%20AMORTIGUAMIENTO.pdf
- Fernandez, P. (1 de Julio de 2013). *Mecánica de Fluidos* . Obtenido de Orificios y vertederos : <http://files.pfernandezdiez.es/MecanicaFluidos/PDFs/12MecFluidos.pdf>
- Franquet, J. M. (Mayo de 2009). *El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río EBRO* . Obtenido de <file:///C:/Users/Erresaa-2/Desktop/Johanna/Bibliograf%C3%ADa%20Alvaro%20%C3%81vila/hidr%C3%B3metro.pdf>
- fullmecnica.com. (2014). *Cómo construir un molde hembra partido para fabricar piezas en serie de fibra de vidrio*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <http://www.fullmecnica.com/definiciones/t/1658-construyendo-un-molde-hembra-para-fabricar-piezas-de-fibra-de-vidrio>
- Gaucin, D. O. (2012). *Hidrometría Basica*. Mexico.
- González, R. (2006). *Hidráulica Básica. Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos*. Escuela de Negocios - EOI. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <https://www.eoi.es/es/file/18365/download?token=mHnJ9vhp>

- GRUPO SUR. (13 de Marzo de 2014). Fabricación de moldes en fibra de vidrio. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=fhvC5X1AwTs>
- Guzman, G. (2013). *Estudio del intercambio de agua superficial y agua subterránea en el río Cumbe* . Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4520/1/TESIS.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo de España. (2014). *Fabricación de productos de plástico reforzado con fibra de vidrio*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <http://stp.insht.es:86/stp/content/anexo-1-fabricaci%C3%B3n-de-productos-de-pl%C3%A1stico-reforzado-con-fibra-de-vidrio>
- Lesmes, J., González, M., & Echeverri, J. (2006). Laboratorio Hidráulica - Orificio . *Universidad Militar Nueva Granada* .
- M., Z. G. (2015). *Flujo en canales abiertos: caracterización en cursos de la provincia de Santa Fe, República de la Argentina*. Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de www.fceia.unr.edu.ar:www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Secciones/Cuadernos/Pdf-991/zucarelli-morresi.pdf
- Marbello, R. (15 de Mayo de 2014). *Flujo a través de compuertas*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/49/3353962.2005.Parte%209.pdf>
- Marbello, R. (Mayo de 2014). *Hidrometría y aforo de corrientes naturales* . Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/68/3353962.2005.Parte%2013.pdf>
- Ministerio de Agricultura de Chile. (2000). *Medición de presión y caudal*. Punta Arenas, Chile: Ministerio de Agricultura de Chile.
- Ministerio de Agricultura del Uruguay. (2005). *Manual de Hidrometría*. Obtenido de <https://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometría/material/hidrometría.pdf>
- Miranda, J. (Mayo de 2016). *Calibración de vertederos trapezoidales tipo cipolletti de pared delgada de ancho variable* . Obtenido de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/4866/1/Julio%20Adri%C3%A1n%20Miranda%20Escobar.pdf>

Moliá, R. (Febrero de 2007). *Módulo: Abastecimiento y saneamiento urbanos* .

Morales, S. (2008). *Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones* . Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4698/129.pdf?sequence=1>

NEC. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción* . Ecuador : Habitat y vivienda .

Oliva, D. (2005). *Diseño de abastecimiento de agua potable, para los caseríos pueblo viejo y plan grande Chigualmop, Municipio de Canillá. Departamento de el Quiché*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

OPS. (2005). *Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable* . Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/160esp-disenoreservorioselevados.pdf>

Orellana, J. (2014). *Conducción de Aguas*.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima, Perú. Recuperado el 27 de octubre de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e105-04disenoimpuls.pdf>

Pérez, M. (2005). *Manual de Prácticas de laboratorio de hidráulica* . Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/31/3353962.2005.Parte%206.pdf>

Pillco, I. (Mayo de 2014). *Hidrometría* . Obtenido de <https://es.scribd.com/document/244032884/INFORME-HIDROMETRIA-docx>

Quiceno. (2012). *Universidad Agraria La Molina (Perú)*. Obtenido de <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Formuladecalculo.htm>

- Rodriguez, Y. (2014). *Fundamentos del Hormigón simple*. Manabí: Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí.
- Romea, C. (2014). *El hormigón: breve reseña histórica de un material milenario*. Barcelona : Omnia Publisher.
- SAGARPA. (2012). *Lineas de conducción por gravedad*. Ciudad de México, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA. (2012). *Manual de obras de toma para aprovechamientos hidráulicos*. México, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_OBRAS%20DE%20TOMA.pdf
- Saramago, J. (2013). <https://sites.google.com/site/migueltecnologia/4o-eso-div/tema-5-instalaciones-en-las-viviendas#TOC-3.-INSTALACIONES-DE-AGUA>. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de <https://sites.google.com/site/migueltecnologia/4o-eso-div/tema-5-instalaciones-en-las-viviendas#TOC-3.-INSTALACIONES-DE-AGUA>
- Tinoco, V., Cisneros, F., Pacheco, E., Carrillo, V., Calle, E., Dominguez, J., . . . Solis, K. (2014). Modelación física del flujo a través de las compuertas radiales de la derivadora Cañar. *Maskana*, 107-113.
- Ulrich, N. (Julio de 2005). *Caracterización de vertederos hidráulicos mediante técnicas CFD*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67819/TFM%20Ulrich%20Final.pdf?sequence=1>
- Universidad de las Américas Puebla. (2015). *Universidad de las Américas Puebla*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2017, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/sanchez_t_tm/capitulo4.pdf

- Vargas, E., Huerta, M., Soto, L., García, C., & Briceño, M. (10 de Octubre de 2014). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Evargs1992/cmaras-rompe-pesin>
- Vera, L. (2001). *Análisis de aforo de la Estación Hidrométrica Obrajillo*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Vera_H_L/Cap3.pdf
- Vidaud, E., & Quintana, I. (28 de Noviembre de 2014). Una alternativa sustentable frente al ataque de la corrosión en el concreto armado. *Tecnología*, 31-34. Obtenido de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/diciembre2014/tecnologia.pdf>
- Villón, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima, Perú: Editorial Villón.
- www.oxidorsa.com. (2015). *Peróxidos de Metil Etil Cetona*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <http://www.oxidorsa.com/productos/catalizadoresorganicos/peroxidosde metiletilcetona>
- www.resinapoliester.com.mx. (2013). *Desmoldantes*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <http://www.resinapoliester.com.mx/desmoldantes.html>

ANEXOS

Anexo 1: Lista materiales para la construcción del tanque rompe presiones y vertederos.

- Malla de fibra de vidrio. La cantidad debe ser la necesaria para cubrir 50m², aproximadamente. Se recomienda exceso del 20%.
- Peróxido de Mek (Metil Etil Cetona).
- Resina de viniléster.
- Líquido desmoldante para fibra de vidrio.
- 8 m² de láminas de madera procesada (puede ser de MDF), con lo cual se construye el molde.
- Tornillos tirafondo, para la construcción de la caja.
- Lijas: 320 / 400 / 600 / 1200 / 1500

DATOS GENERALES

Datos del Vertedero Rectangular:

Base: 7.50 cm
 Altura: 8.00 cm
 Carga de Agua: 3.50 cm
 Numero de Contracciones: 2.00
 Caudal Circulante: 0.819 lt/seg

Datos del Vertedero Triangular:

Altura: 13.20 cm
 Lado menor: 3.40cm
 Ángulo central: 15.00 Grados
 Coeficiente de Descarga: 0.206
 Caudal Circulante: 0.505 lt/seg

Datos de la Bomba:

Diámetro de Succión: 2 Pulgadas
 Diámetro de Descarga: 2 Pulgadas
 Caudal: 80 lt/min
 Potencia: 0.75HP

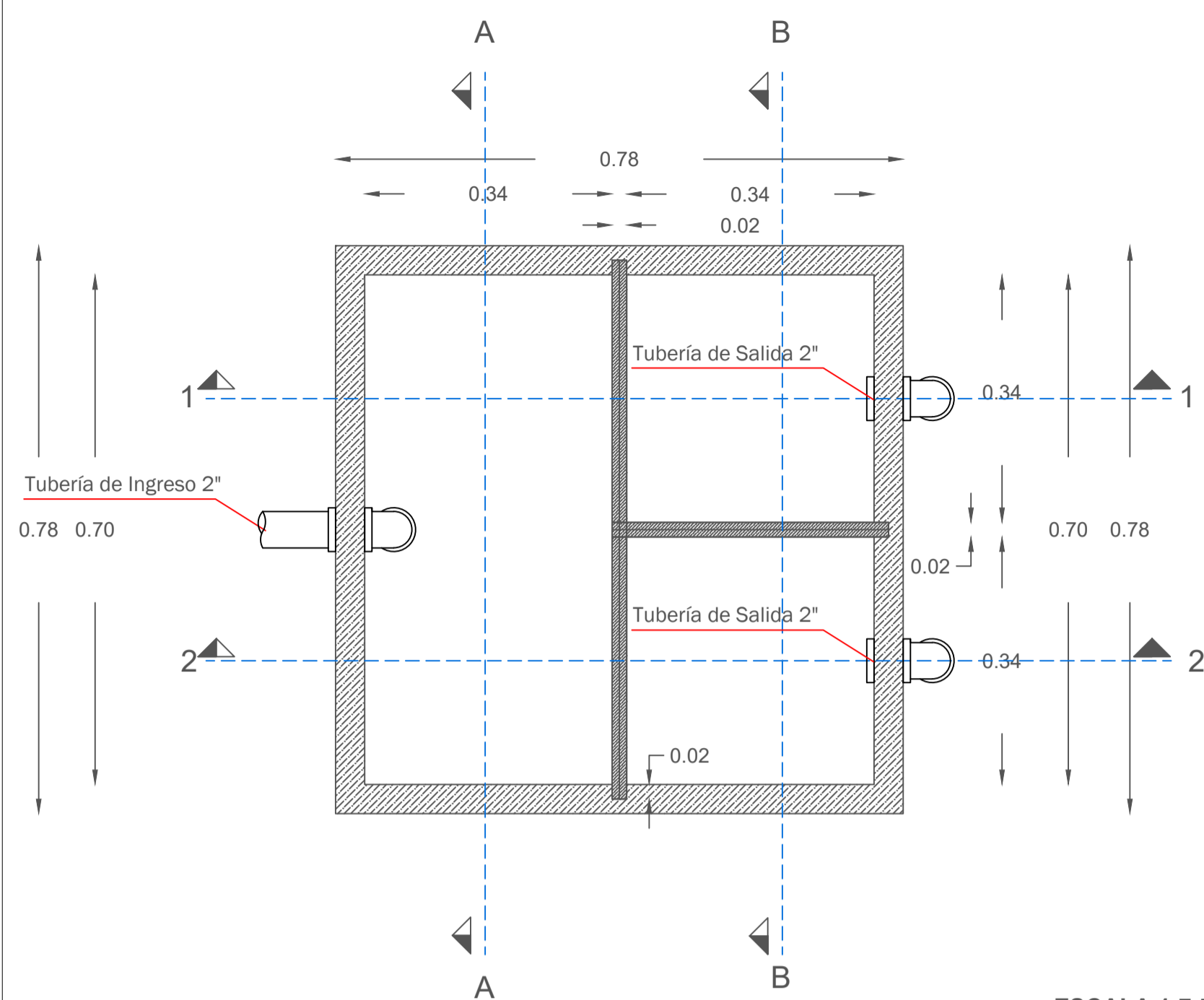
Materiales - Tubería de Ingreso:

Tubería PVC 2" Presión 1 MPA
 Codos PVC 90° Presión 1 MPA
 Unión PVC 90° Presión 1 MPA

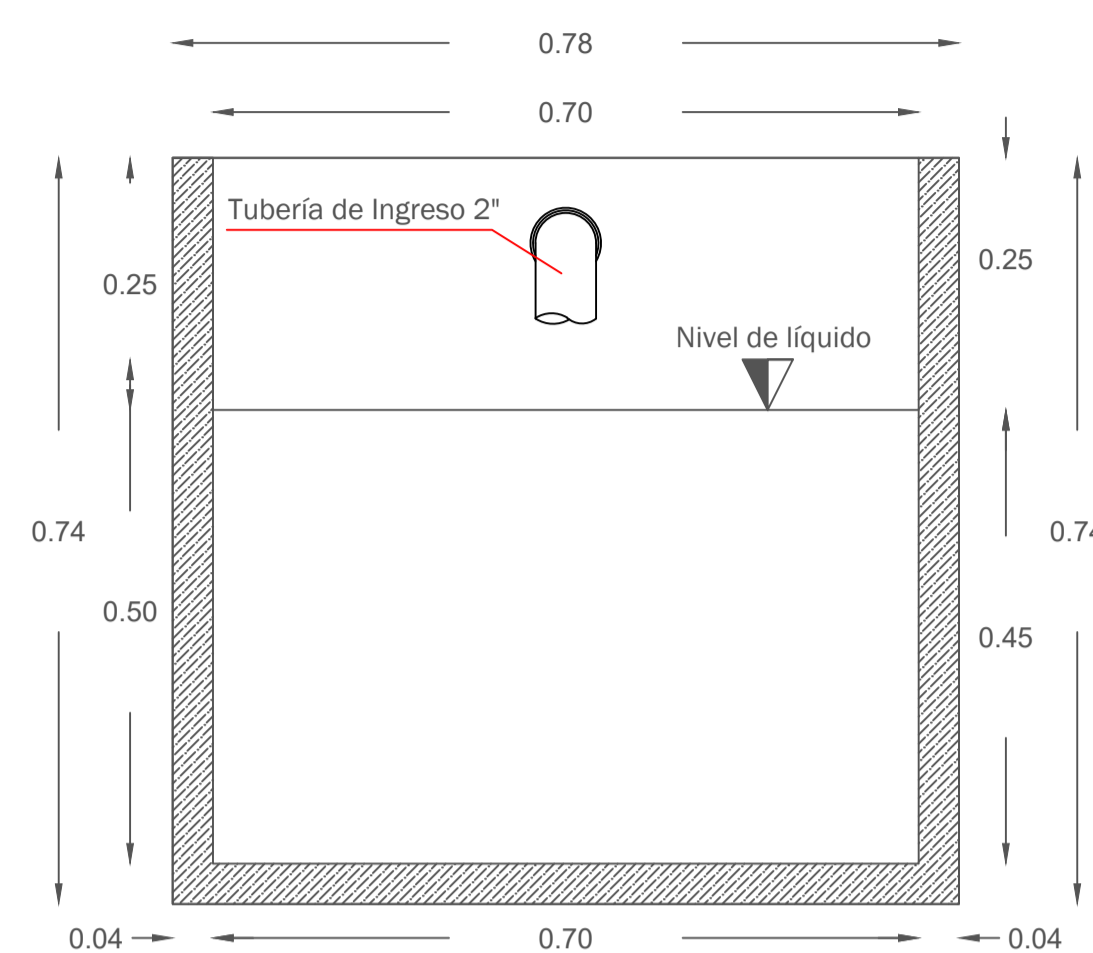
Materiales - Tubería de Salida:

Tuberías PVC 2" Presión 1 MPA
 Codos PVC 90° Presión 1 MPA
 Unión PVC 90° Presión 1 MPA

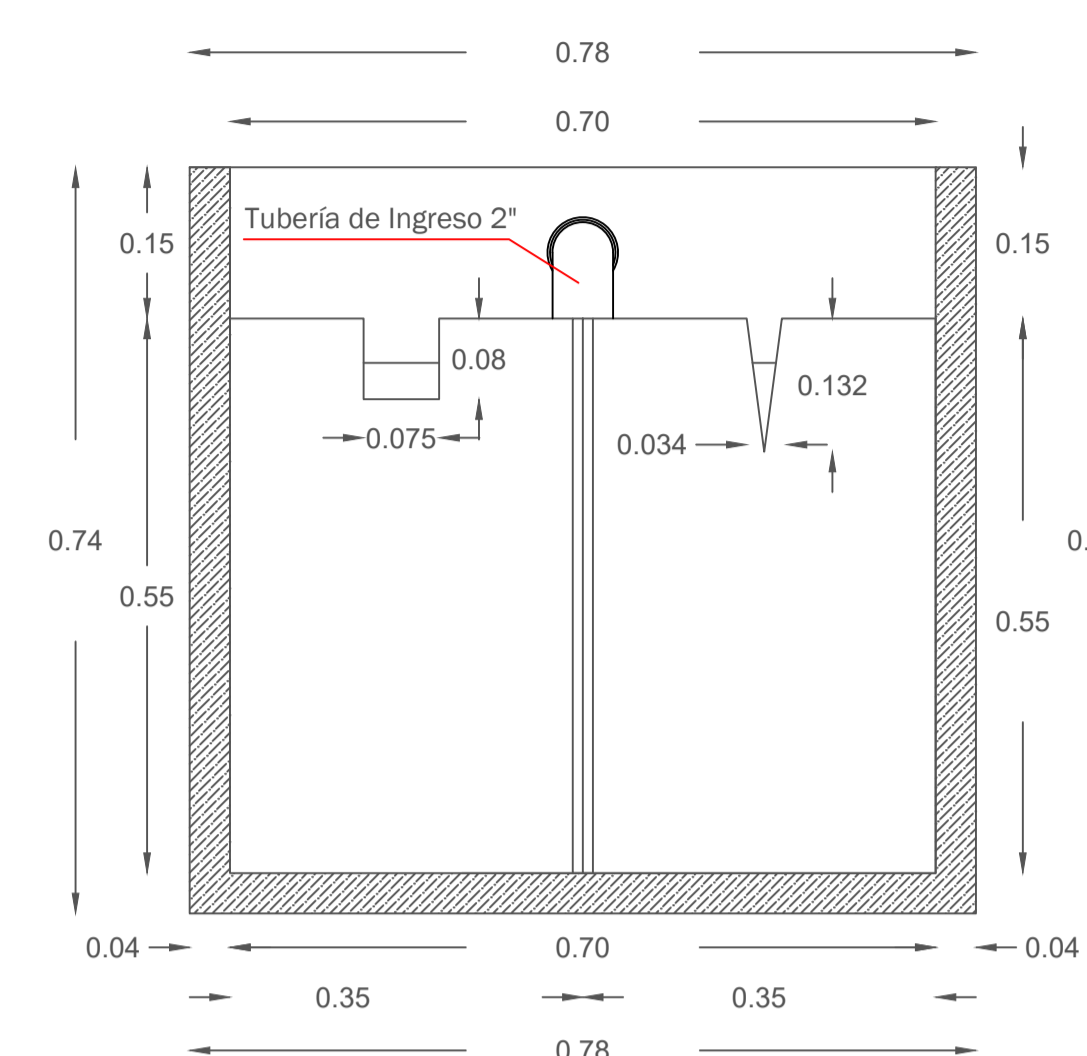
Planta General



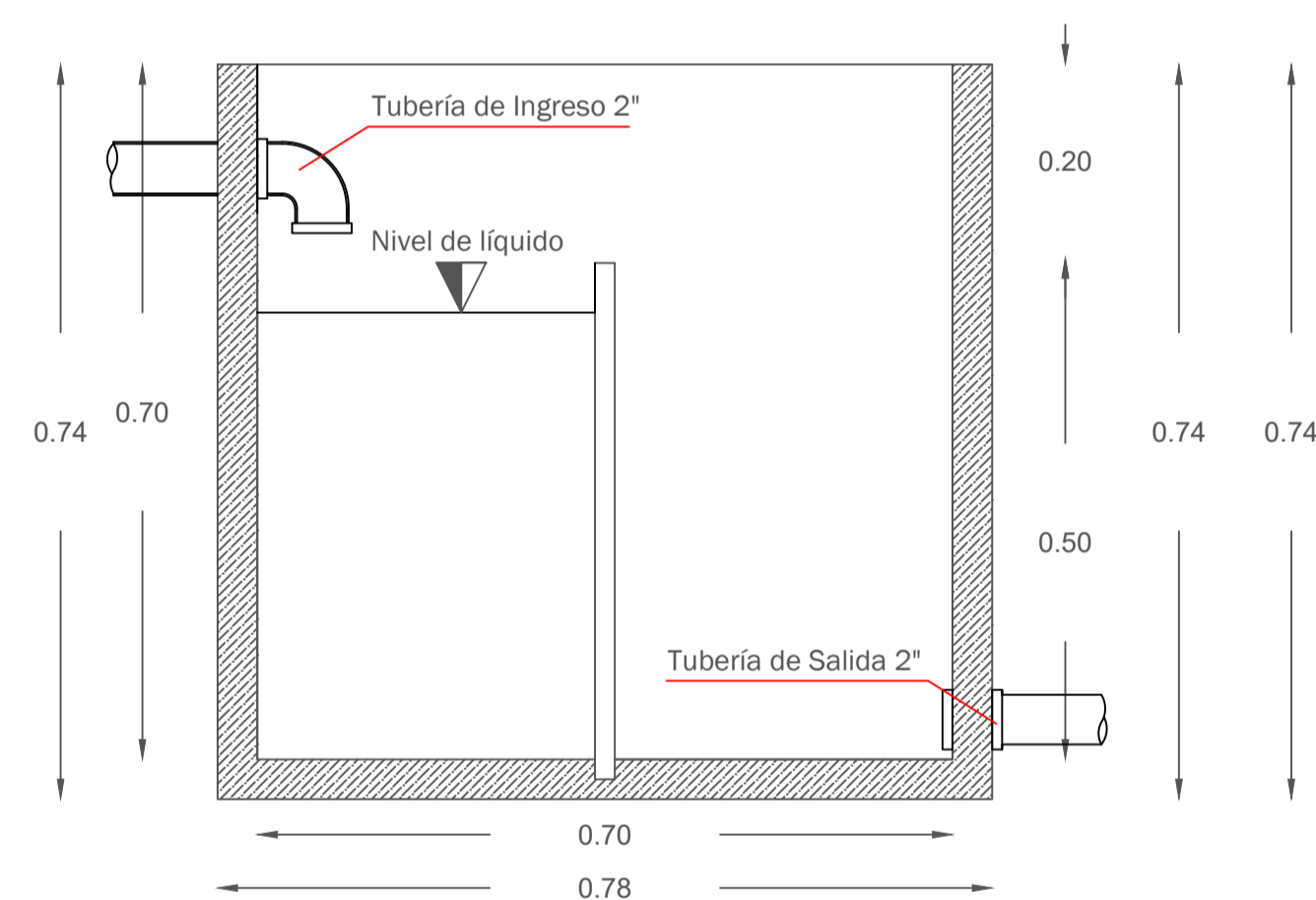
CORTE A-A



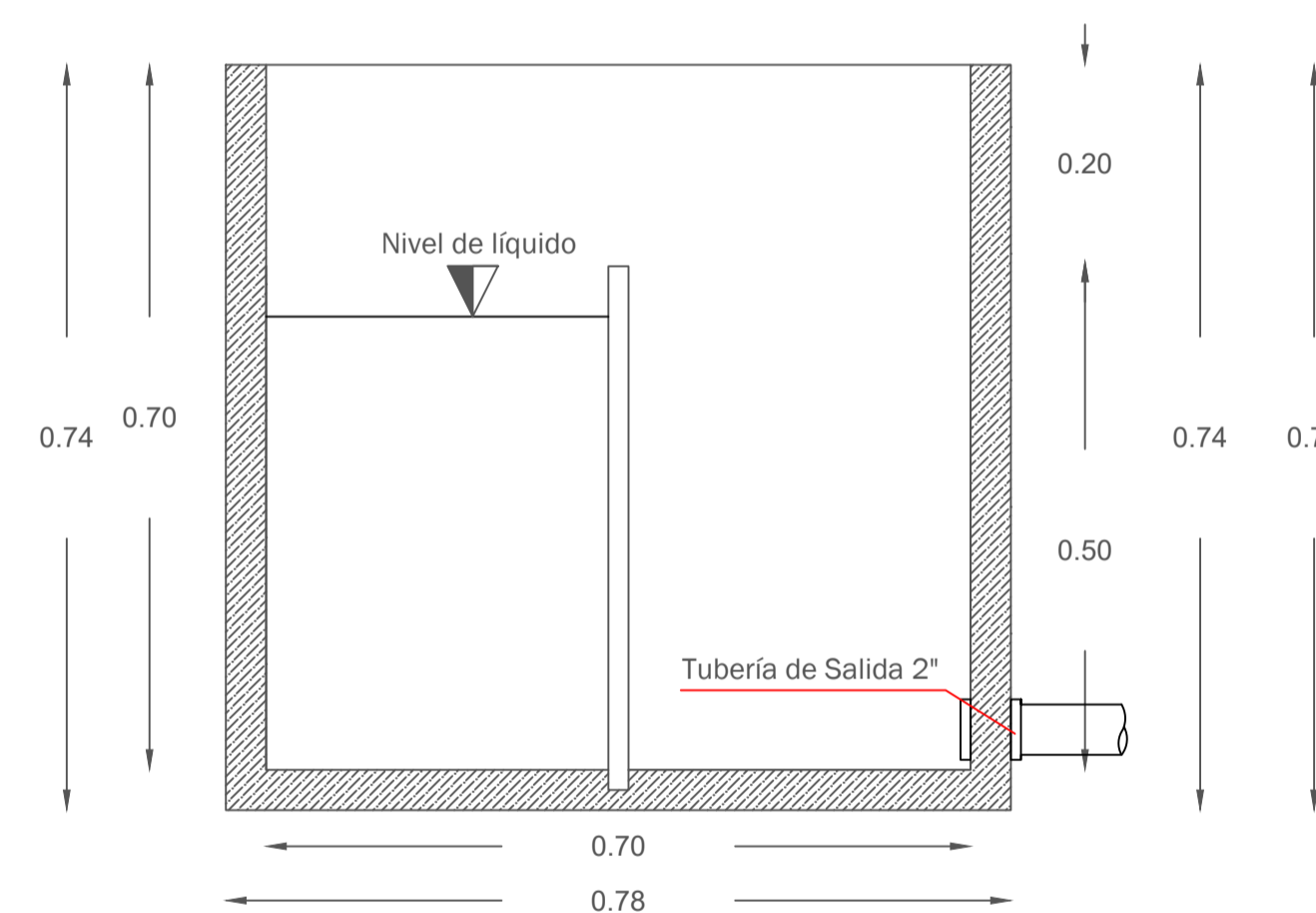
CORTE B-B



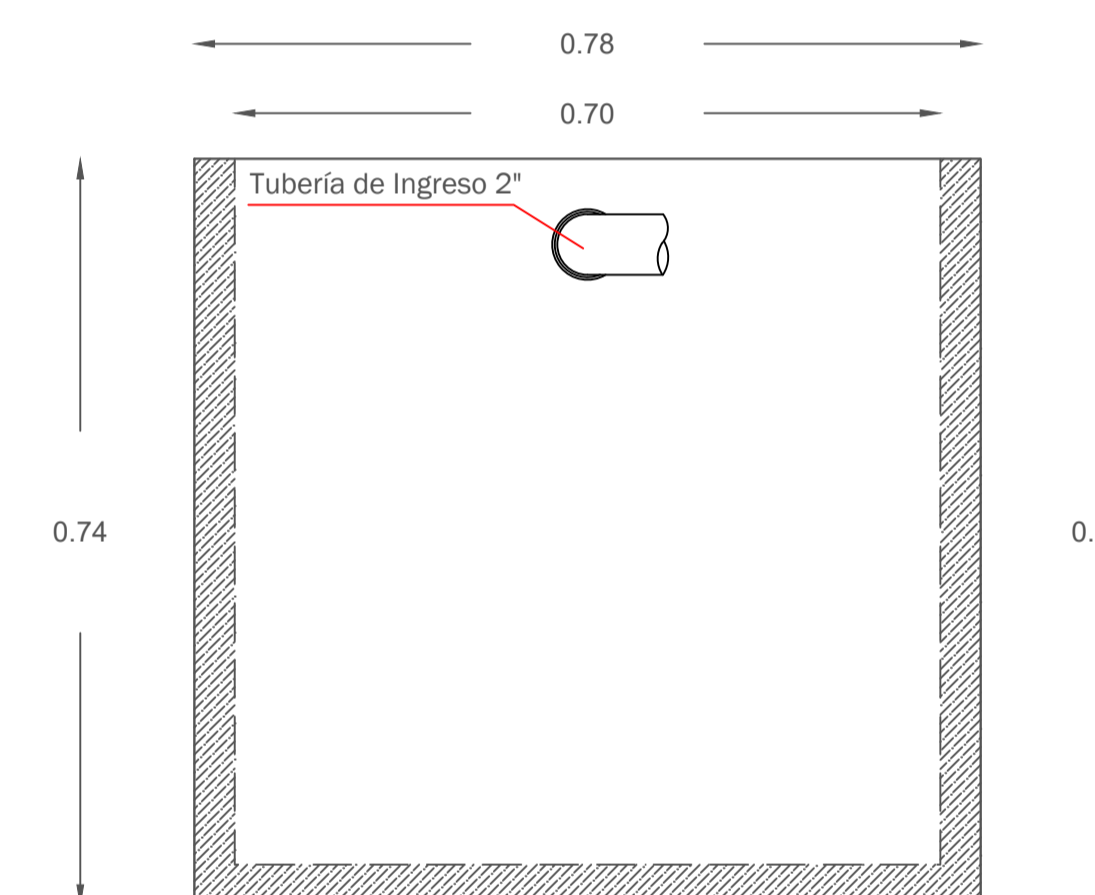
CORTE 1-1



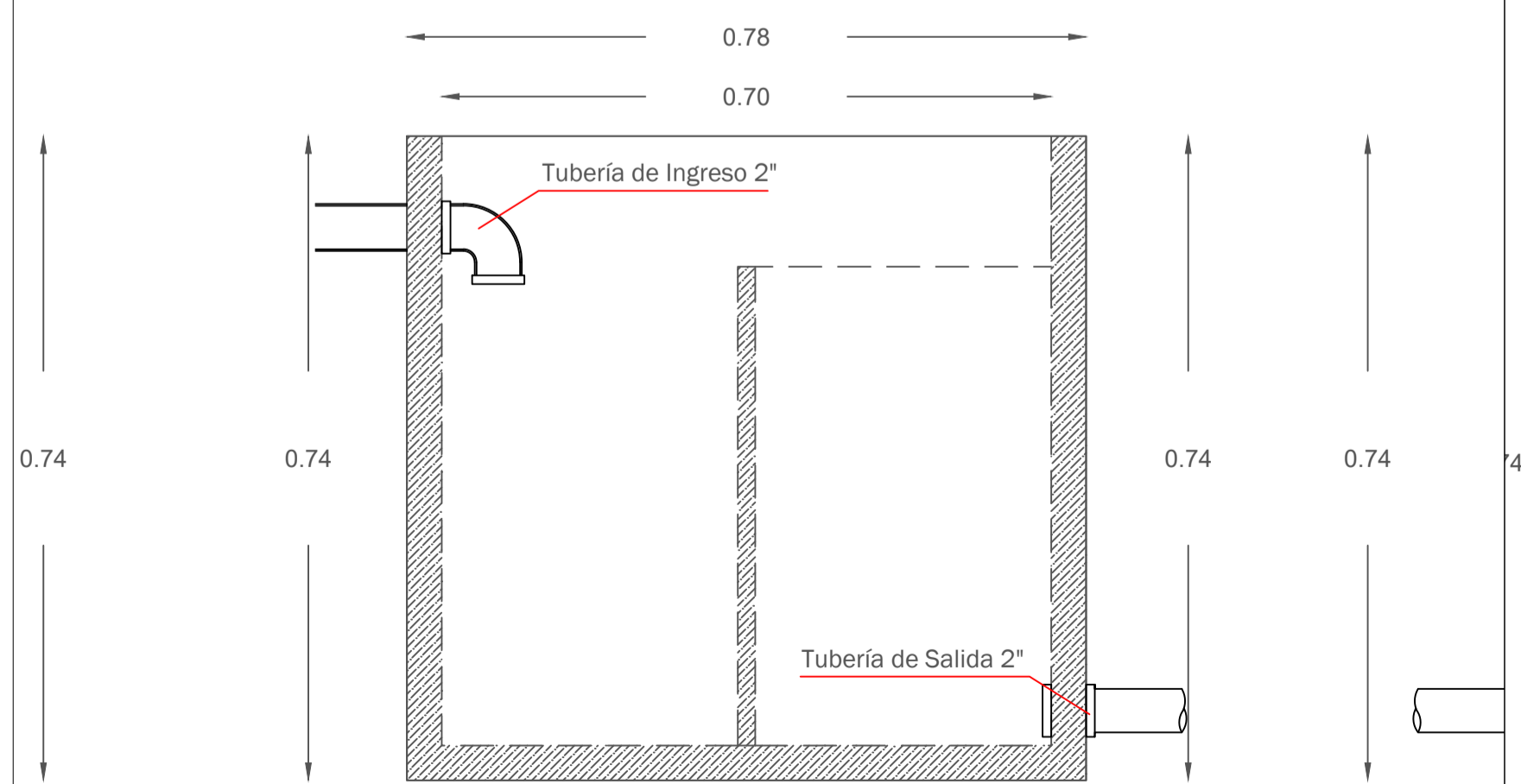
CORTE 2-2



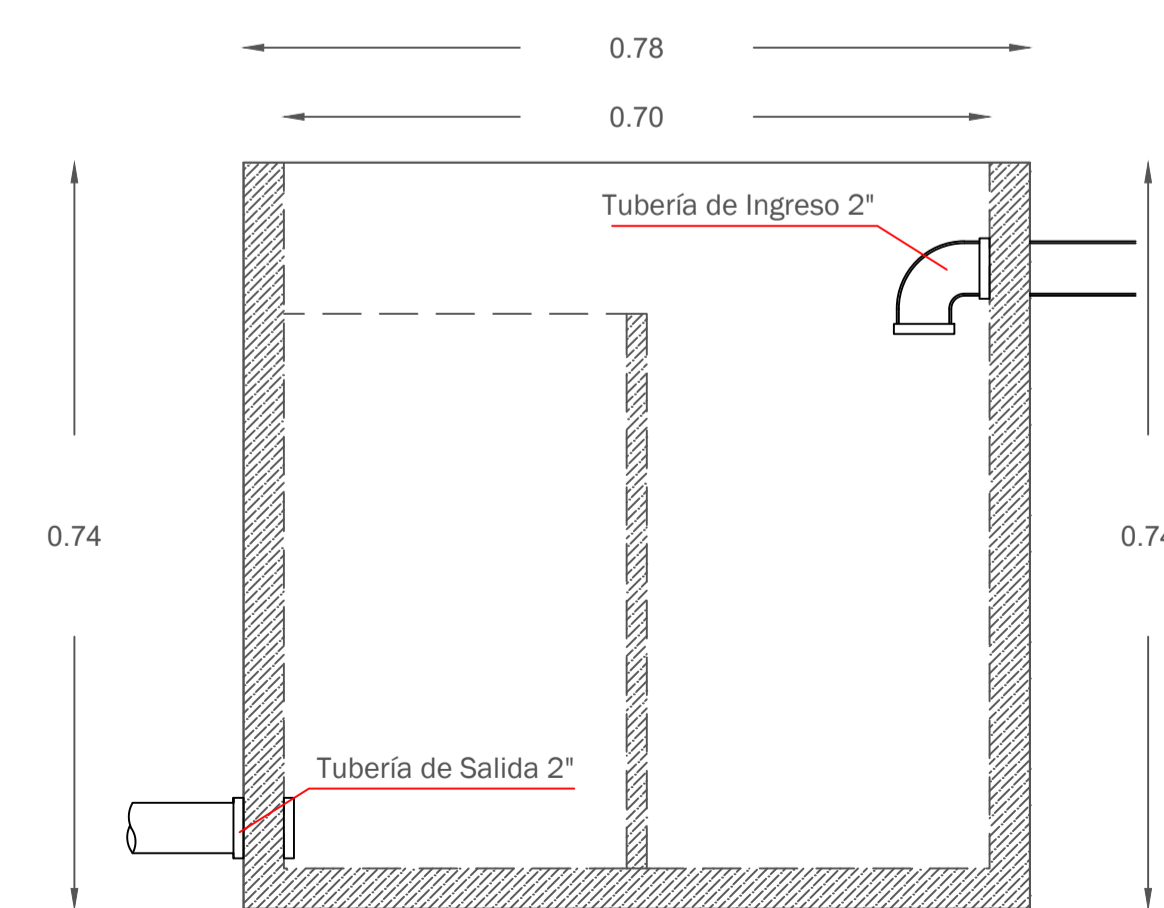
VISTA POSTERIOR



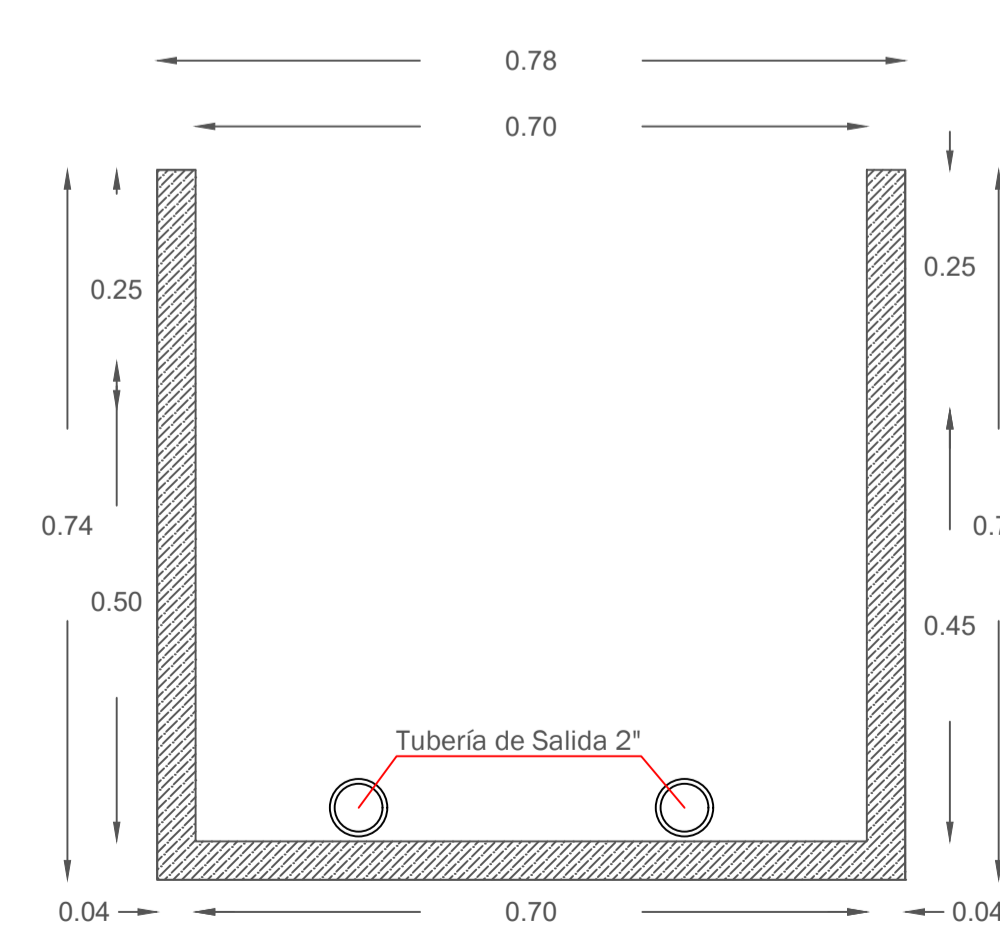
VISTA LATERAL IZQ



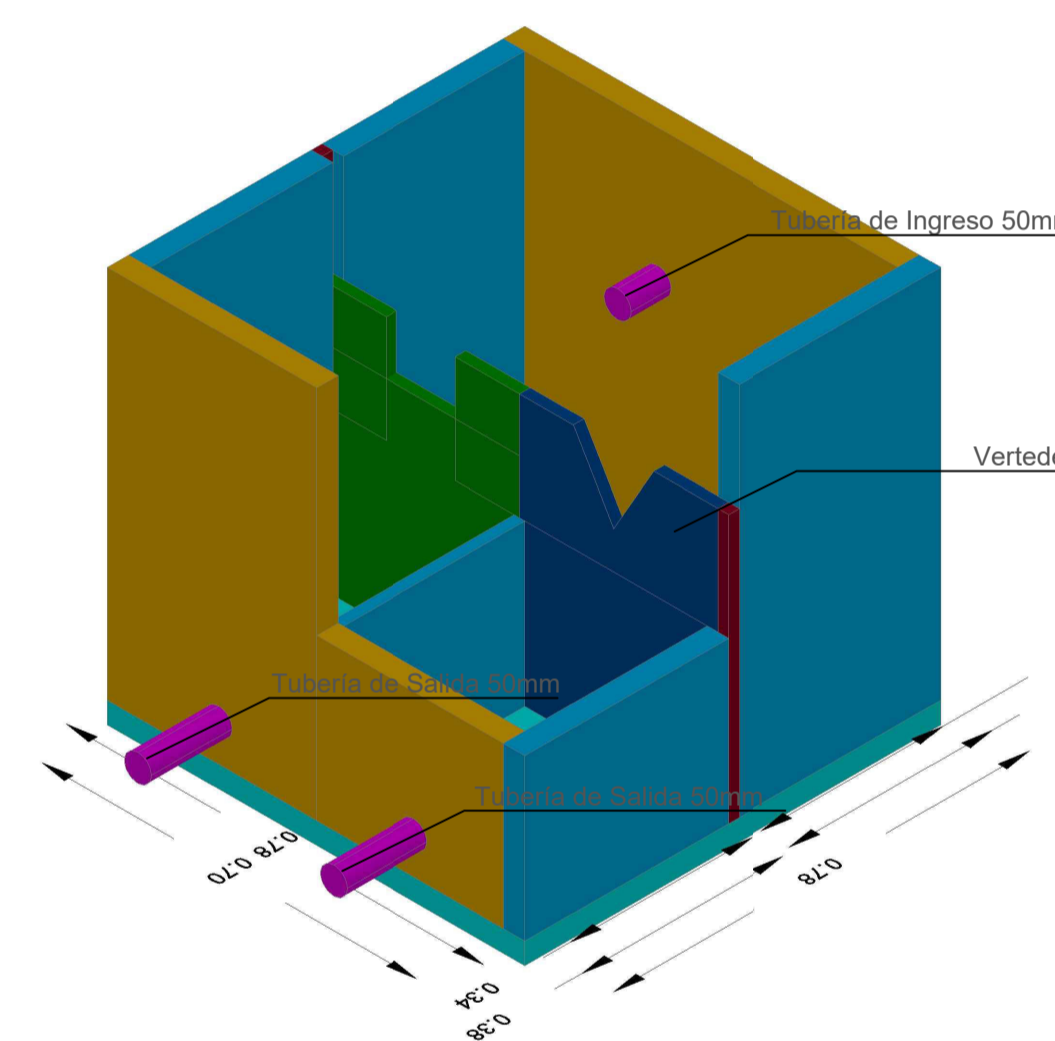
VISTA LATERAL DER



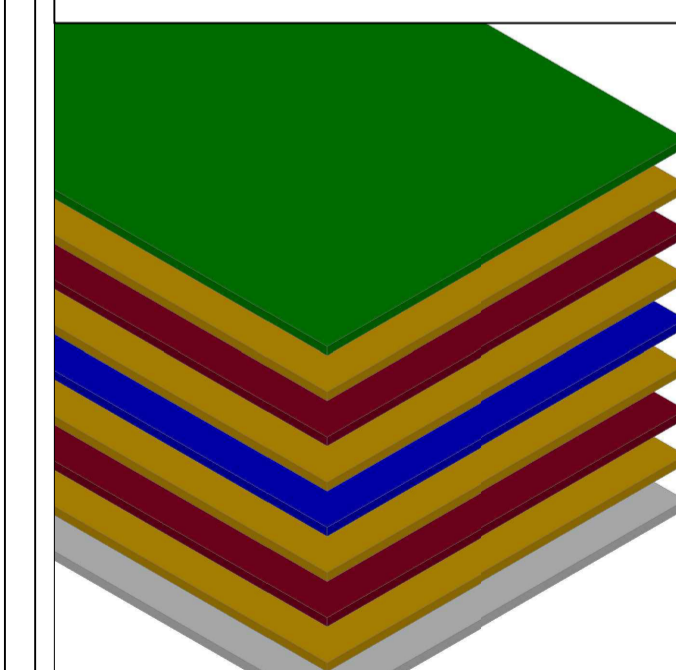
VISTA FRONTAL



ISOMETRÍA DEL PROYECTO



COMPOSICIÓN



Composición de la Paredes:

- 1 Gelcoat Verde
- 2 Fibra 375
- 3 Coremat
- 4 Fibra 375
- 5 Madera MDF 9mm
- 6 Fibra 375
- 7 Coremat
- 8 Fibra 375
- 9 Gelcoat Blanco

ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE CONTROL MOVILES, TANQUES REPARTIDORES DE CAUDAL Y TANQUES ROMPE PRESIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
 Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
 Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción

Revisión:

Diseño y Dibujo:

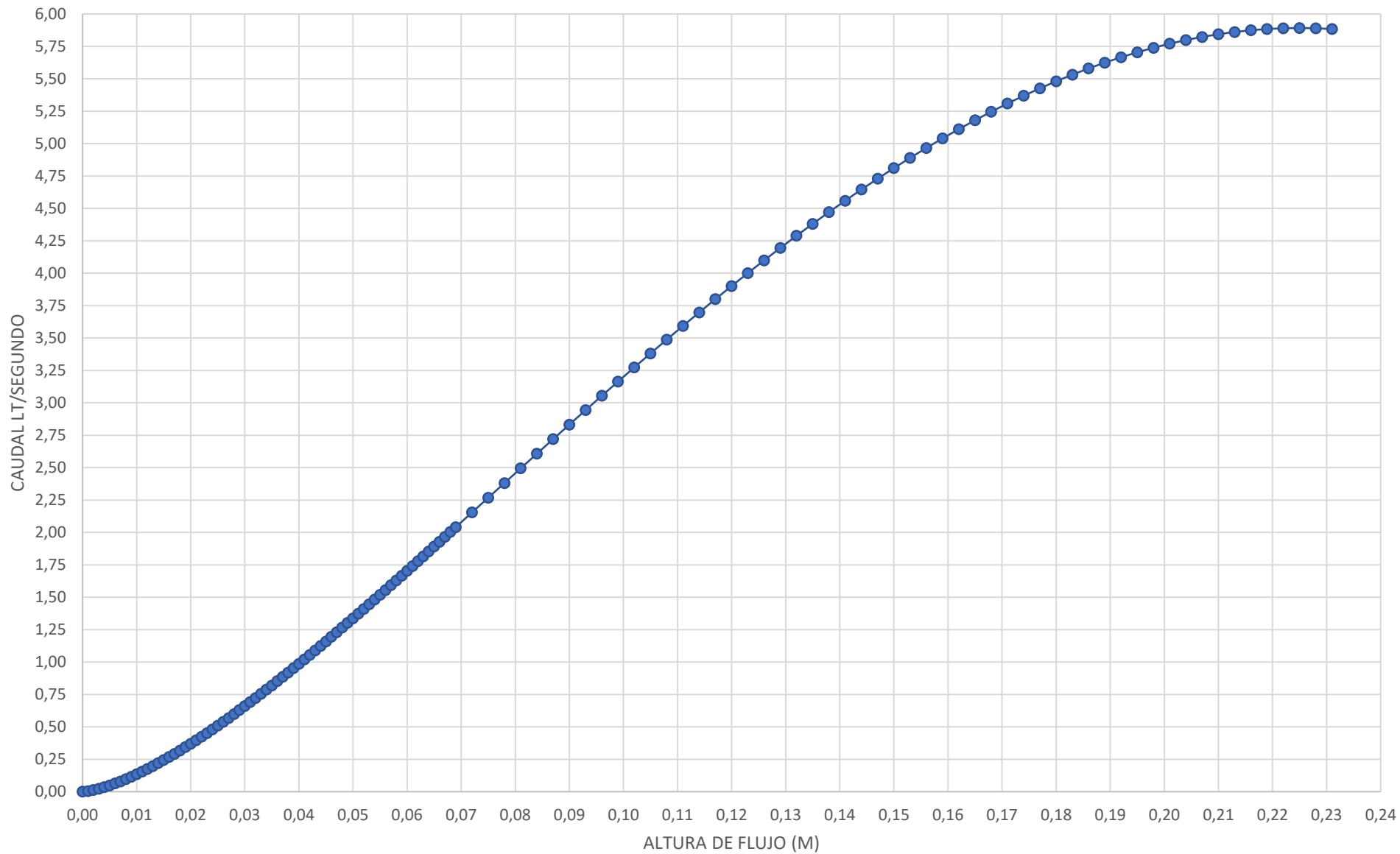
Ing. Diego Coronel Sacoto
 Director de Trabajo de Titulación

Álvaro Ávila Ortiz
 Tesista

Escala: 1 : 7.5

Lámina: 1 de 1

CAUDAL SOBRE VERTEDERO RECTANGULAR BASE DE 7.5CM Y CARGA DE AGUA VARIABLE



DIMENSIONAMIENTO DE VERTEDEROS

DATOS REQUERIDOS

Base del vertedero:	0,0750	<i>metros</i>
Número de contracciones:	2,0000	<i>1 ó 2</i>

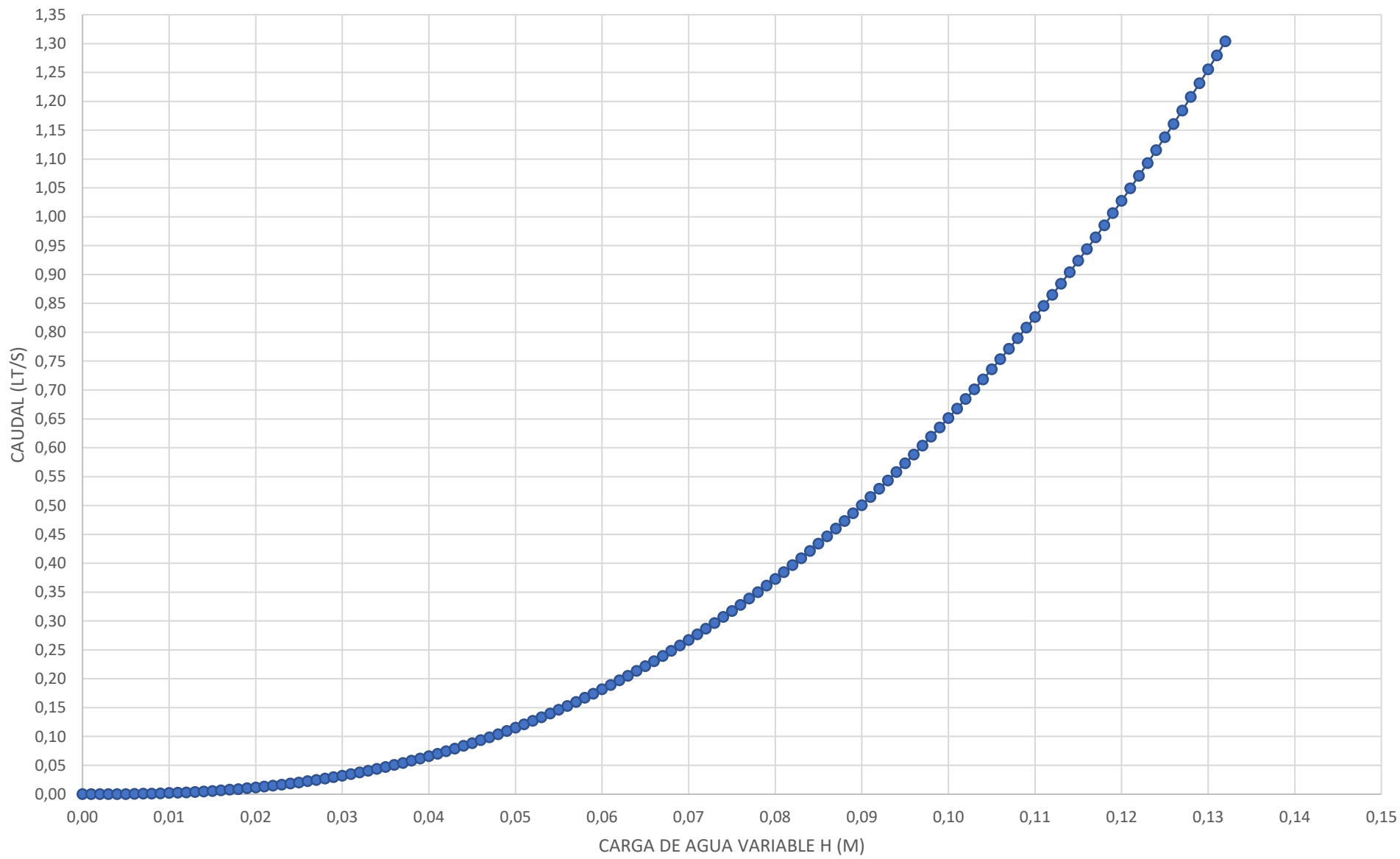
CALCULOS

Altura de flujo (m)	Caudal	
0,0000	0,000	<i>litros / segundo</i>
0,0010	0,004	<i>litros / segundo</i>
0,0020	0,012	<i>litros / segundo</i>
0,0030	0,022	<i>litros / segundo</i>
0,0040	0,035	<i>litros / segundo</i>
0,0050	0,048	<i>litros / segundo</i>
0,0060	0,063	<i>litros / segundo</i>
0,0070	0,079	<i>litros / segundo</i>
0,0080	0,097	<i>litros / segundo</i>
0,0090	0,115	<i>litros / segundo</i>
0,0100	0,134	<i>litros / segundo</i>
0,0110	0,155	<i>litros / segundo</i>
0,0120	0,176	<i>litros / segundo</i>
0,0130	0,197	<i>litros / segundo</i>
0,0140	0,220	<i>litros / segundo</i>
0,0150	0,243	<i>litros / segundo</i>
0,0160	0,267	<i>litros / segundo</i>
0,0170	0,292	<i>litros / segundo</i>
0,0180	0,317	<i>litros / segundo</i>
0,0190	0,343	<i>litros / segundo</i>
0,0200	0,370	<i>litros / segundo</i>
0,0210	0,396	<i>litros / segundo</i>
0,0220	0,424	<i>litros / segundo</i>
0,0230	0,452	<i>litros / segundo</i>
0,0240	0,480	<i>litros / segundo</i>
0,0250	0,509	<i>litros / segundo</i>
0,0260	0,538	<i>litros / segundo</i>
0,0270	0,568	<i>litros / segundo</i>
0,0280	0,598	<i>litros / segundo</i>
0,0290	0,629	<i>litros / segundo</i>
0,0300	0,660	<i>litros / segundo</i>
0,0310	0,691	<i>litros / segundo</i>
0,0320	0,723	<i>litros / segundo</i>
0,0330	0,754	<i>litros / segundo</i>
0,0340	0,787	<i>litros / segundo</i>
0,0350	0,819	<i>litros / segundo</i>
0,0360	0,852	<i>litros / segundo</i>
0,0370	0,885	<i>litros / segundo</i>
0,0380	0,919	<i>litros / segundo</i>

0,0390	0,952	litros / segundo
0,0400	0,986	litros / segundo
0,0410	1,020	litros / segundo
0,0420	1,055	litros / segundo
0,0430	1,089	litros / segundo
0,0440	1,124	litros / segundo
0,0450	1,159	litros / segundo
0,0460	1,194	litros / segundo
0,0470	1,230	litros / segundo
0,0480	1,265	litros / segundo
0,0490	1,301	litros / segundo
0,0500	1,337	litros / segundo
0,0510	1,373	litros / segundo
0,0520	1,409	litros / segundo
0,0530	1,446	litros / segundo
0,0540	1,482	litros / segundo
0,0550	1,519	litros / segundo
0,0560	1,556	litros / segundo
0,0570	1,593	litros / segundo
0,0580	1,629	litros / segundo
0,0590	1,667	litros / segundo
0,0600	1,704	litros / segundo
0,0610	1,741	litros / segundo
0,0620	1,778	litros / segundo
0,0630	1,816	litros / segundo
0,0640	1,853	litros / segundo
0,0650	1,891	litros / segundo
0,0660	1,928	litros / segundo
0,0670	1,966	litros / segundo
0,0680	2,003	litros / segundo
0,0690	2,041	litros / segundo
0,0720	2,154	litros / segundo
0,0750	2,268	litros / segundo
0,0780	2,381	litros / segundo
0,0810	2,494	litros / segundo
0,0840	2,607	litros / segundo
0,0870	2,720	litros / segundo
0,0900	2,832	litros / segundo
0,0930	2,943	litros / segundo
0,0960	3,054	litros / segundo
0,0990	3,164	litros / segundo
0,1020	3,273	litros / segundo
0,1050	3,381	litros / segundo
0,1080	3,487	litros / segundo
0,1110	3,593	litros / segundo
0,1140	3,697	litros / segundo
0,1170	3,800	litros / segundo
0,1200	3,901	litros / segundo

0,1230	4,000	litros / segundo
0,1260	4,098	litros / segundo
0,1290	4,194	litros / segundo
0,1320	4,289	litros / segundo
0,1350	4,381	litros / segundo
0,1380	4,471	litros / segundo
0,1410	4,559	litros / segundo
0,1440	4,645	litros / segundo
0,1470	4,729	litros / segundo
0,1500	4,810	litros / segundo
0,1530	4,889	litros / segundo
0,1560	4,966	litros / segundo
0,1590	5,040	litros / segundo
0,1620	5,111	litros / segundo
0,1650	5,180	litros / segundo
0,1680	5,245	litros / segundo
0,1710	5,309	litros / segundo
0,1740	5,369	litros / segundo
0,1770	5,426	litros / segundo
0,1800	5,480	litros / segundo
0,1830	5,531	litros / segundo
0,1860	5,579	litros / segundo
0,1890	5,624	litros / segundo
0,1920	5,666	litros / segundo
0,1950	5,704	litros / segundo
0,1980	5,739	litros / segundo
0,2010	5,770	litros / segundo
0,2040	5,798	litros / segundo
0,2070	5,823	litros / segundo
0,2100	5,843	litros / segundo
0,2130	5,860	litros / segundo
0,2160	5,874	litros / segundo
0,2190	5,884	litros / segundo
0,2220	5,889	litros / segundo
0,2250	5,891	litros / segundo
0,2280	5,889	litros / segundo
0,2310	5,883	litros / segundo
0,2340	5,873	litros / segundo
0,2370	5,859	litros / segundo
0,2400	5,841	litros / segundo

CAUDAL SOBRE EL VERTEDERO TRIANGULAR DE 15 GRADOS CON CARGA DE AGUA VARIABLE



DIMENSIONAMIENTO DE VERTEDEROS

DATOS REQUERIDOS

Coeficiente de descarga:	0,2060	
Caudal de diseño:	0,00049	<i>m3 / segundo</i>
Altura de flujo calculada:	8,90	<i>centimetros</i>

CALCULOS

Altura de flujo	Caudal	
0,0000	0,000	litros / segundo
0,0010	0,000	litros / segundo
0,0020	0,000	litros / segundo
0,0030	0,000	litros / segundo
0,0040	0,000	litros / segundo
0,0050	0,000	litros / segundo
0,0060	0,001	litros / segundo
0,0070	0,001	litros / segundo
0,0080	0,001	litros / segundo
0,0090	0,002	litros / segundo
0,0100	0,002	litros / segundo
0,0110	0,003	litros / segundo
0,0120	0,003	litros / segundo
0,0130	0,004	litros / segundo
0,0140	0,005	litros / segundo
0,0150	0,006	litros / segundo
0,0160	0,007	litros / segundo
0,0170	0,008	litros / segundo
0,0180	0,009	litros / segundo
0,0190	0,010	litros / segundo
0,0200	0,012	litros / segundo
0,0210	0,013	litros / segundo
0,0220	0,015	litros / segundo
0,0230	0,017	litros / segundo
0,0240	0,018	litros / segundo
0,0250	0,020	litros / segundo
0,0260	0,022	litros / segundo
0,0270	0,025	litros / segundo
0,0280	0,027	litros / segundo
0,0290	0,030	litros / segundo
0,0300	0,032	litros / segundo
0,0310	0,035	litros / segundo
0,0320	0,038	litros / segundo
0,0330	0,041	litros / segundo
0,0340	0,044	litros / segundo
0,0350	0,047	litros / segundo
0,0360	0,051	litros / segundo
0,0370	0,054	litros / segundo
0,0380	0,058	litros / segundo
0,0390	0,062	litros / segundo
0,0400	0,066	litros / segundo
0,0410	0,070	litros / segundo

0,0420	0,074	litros / segundo
0,0430	0,079	litros / segundo
0,0440	0,084	litros / segundo
0,0450	0,088	litros / segundo
0,0460	0,093	litros / segundo
0,0470	0,099	litros / segundo
0,0480	0,104	litros / segundo
0,0490	0,109	litros / segundo
0,0500	0,115	litros / segundo
0,0510	0,121	litros / segundo
0,0520	0,127	litros / segundo
0,0530	0,133	litros / segundo
0,0540	0,140	litros / segundo
0,0550	0,146	litros / segundo
0,0560	0,153	litros / segundo
0,0570	0,160	litros / segundo
0,0580	0,167	litros / segundo
0,0590	0,174	litros / segundo
0,0600	0,182	litros / segundo
0,0610	0,189	litros / segundo
0,0620	0,197	litros / segundo
0,0630	0,205	litros / segundo
0,0640	0,213	litros / segundo
0,0650	0,222	litros / segundo
0,0660	0,231	litros / segundo
0,0670	0,239	litros / segundo
0,0680	0,248	litros / segundo
0,0690	0,258	litros / segundo
0,0700	0,267	litros / segundo
0,0710	0,277	litros / segundo
0,0720	0,287	litros / segundo
0,0730	0,297	litros / segundo
0,0740	0,307	litros / segundo
0,0750	0,317	litros / segundo
0,0760	0,328	litros / segundo
0,0770	0,339	litros / segundo
0,0780	0,350	litros / segundo
0,0790	0,361	litros / segundo
0,0800	0,373	litros / segundo
0,0810	0,385	litros / segundo
0,0820	0,397	litros / segundo
0,0830	0,409	litros / segundo
0,0840	0,421	litros / segundo
0,0850	0,434	litros / segundo
0,0860	0,447	litros / segundo
0,0870	0,460	litros / segundo
0,0880	0,473	litros / segundo
0,0890	0,487	litros / segundo
0,0900	0,501	litros / segundo
0,0910	0,515	litros / segundo

0,0920	0,529	litros / segundo
0,0930	0,543	litros / segundo
0,0940	0,558	litros / segundo
0,0950	0,573	litros / segundo
0,0960	0,588	litros / segundo
0,0970	0,604	litros / segundo
0,0980	0,619	litros / segundo
0,0990	0,635	litros / segundo
0,1000	0,651	litros / segundo
0,1010	0,668	litros / segundo
0,1020	0,684	litros / segundo
0,1030	0,701	litros / segundo
0,1040	0,719	litros / segundo
0,1050	0,736	litros / segundo
0,1060	0,754	litros / segundo
0,1070	0,771	litros / segundo
0,1080	0,790	litros / segundo
0,1090	0,808	litros / segundo
0,1100	0,827	litros / segundo
0,1110	0,846	litros / segundo
0,1120	0,865	litros / segundo
0,1130	0,884	litros / segundo
0,1140	0,904	litros / segundo
0,1150	0,924	litros / segundo
0,1160	0,944	litros / segundo
0,1170	0,965	litros / segundo
0,1180	0,985	litros / segundo
0,1190	1,006	litros / segundo
0,1200	1,028	litros / segundo
0,1210	1,049	litros / segundo
0,1220	1,071	litros / segundo
0,1230	1,093	litros / segundo
0,1240	1,115	litros / segundo
0,1250	1,138	litros / segundo
0,1260	1,161	litros / segundo
0,1270	1,184	litros / segundo
0,1280	1,208	litros / segundo
0,1290	1,231	litros / segundo
0,1300	1,255	litros / segundo
0,1310	1,280	litros / segundo
0,1320	1,304	litros / segundo



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Álvaro Rogelio Ávila Ortiz** portadora de la cédula de ciudadanía N° 0104630595. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Análisis y diseño de estructuras hidráulicas de control móviles, tanques repartidores de caudal y tanques rompe presión”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de octubre de 2019


F:
Álvaro Rogelio Ávila Ortiz
0104630595