UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

ESTUDIO TÉCNICO ECONOMICO PARA PROYECTO DE RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PROVENIENTE DE UN POZO EN EL SECTOR DE SAN JORGE COMUNA DE RETIRO.

MARIO LÓPEZ VÁSQUEZ

2021

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION

“REY BALDUINO DE BELGICA”

ESTUDIO TÉCNICO ECONOMICO PARA PROYECTO DE RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PROVENIENTE DE UN POZO EN UNA COMUNIDAD RURAL.

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno : Mario López Vásquez

Profesor Guía: Sr. Cristopher Pérez M.

Contenido

INTRODUCCIÓN 6
CAPÍTULO I 7
PROBLEMÁTICA 8
JUSTIFICACIÓN 10
OBJETIVOS 13
OBJETIVO GENERAL 13
OBJETIVOS ESPECIFICOS 13
MARCO TEORICO 14
MARCO NORMATIVO 19
METODOLOGÍA 20
CAPÍTULO II 24
CALCULO DE DISEÑO 25
PRIMER CIRCUITO 26
CALCULO DE CAUDAL INSTALADO. 28
CALCULO DE PRESIÓN PRIMER CIRCUITO 30
DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CAÑERIA 31
CAUDAL EN TUBERIAS 32
DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE FRICCIÓN 33
DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS SINGULARES 34
SEGUNDO CIRCUITO 37
CAUDAL 37
CALCULO DE PRESIÓN SEGUNDO CIRCUITO 38
DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CAÑERIA 39
CAUDAL EN TUBERIAS 39
DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE FRICCIÓN 40
DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS SINGULARES 40
CAPÍTULO III 43
CALCULO DE EQUIPOS 44
ELECCIÓN DE LA BOMBA PARA EL PRIMER CIRCUITO 44
TIPO DE LÍQUIDO A BOMBEAR 44
CAUDAL REQUERIDO 44

PRESIÓN / ALTURA REQUERIDA 45
CLASE Y TIPO DE BOMBA.....45
CALCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA DEL PRIMER CIRCUITO 48
EFICIENCIA MECANICA PRIMER CIRCUITO 49
SISTEMA HIDRONEUMÁTICO PARA EL PRIMER CIRCUITO 50
PRESIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO. 50
ELECCIÓN DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO 53
ELECCIÓN DE LA BOMBA PARA EL SEGUNDO CIRCUITO 54
TIPO DE LÍQUIDO A BOMBEAR.....54
CAUDAL REQUERIDO 54
PRESIÓN / ALTURA REQUERIDA 54
CLASE Y TIPO DE BOMBA.....55
CALCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA SEGUNDO CIRCUITO 57
EFICIENCIA MECANICA DE LA BOMBA DEL SEGUNDO CIRCUITO 58
CLORADOR DE AGUA 59
FLOTADOR ELÉCTRICO PARA ESTANQUE DE AGUA 60
CAPÍTULO IV 61
REMOCION DE AGUAS RESIDUALES 62
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MEDIANTE TECNOLOGIA NO CONVENCIONAL62
PARTES Y ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS.....63
DISEÑO DE LA RED DE REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES 73
CAPÍTULO V 77
EVALUACIÓN DE COSTOS 78
COSTO DE MATERIALES.....78
MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA 80
COSTO MANO DE OBRA 80
COSTOS ADICIONALES.....80
CONCLUSIONES 82

INTRODUCCIÓN

Si hablamos de abastecimiento de agua nos referimos a un sistema de obras de ingeniería conectadas que nos permite llevar el recurso hídrico hasta las viviendas de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa.

Según el último Censo poblacional del país, la carencia de servicios de agua potable aumentó en relación al Censo precedente. Además, viviendas del sector rural que nunca han contado con agua potable y que hoy se abastecen de fuentes alternativas enfrentan una realidad en la que cada vez les es más difícil y costoso encontrar agua.

El análisis de la información del Censo 2017 concluye que 383.204 viviendas en Chile son carentes de agua potable. En el mundo rural, el 47,2% de la población se abastece de pozos, ríos, vertientes, esteros o camiones aljibes. Adicionalmente, la encuesta Casen 2017 presenta un aumento en la carencia de servicios básicos desde el año 2015 al 2017.

A raíz de lo anterior, se ha pensado suministrar agua a un conjunto de viviendas de un sector rural que no cuentan con acceso a agua potable.

En el lugar nos encontramos con un pozo el cual se desea aprovechar como punto de captación y así poder utilizar el recurso para uso doméstico y también para consumo.

Para lograr el suministro es necesario diseñar una red de abastecimiento, la cual deberá tener la capacidad de garantizar una presión estable en todo momento para que el sistema funcione de manera óptima. Además se pretende lograr potabilizar el agua mediante un filtro y clorador para que el agua no solo sea de uso doméstico sino también sea apta para el consumo diario de los habitantes.

Como se mencionó anteriormente se pretende diseñar un sistema de abastecimiento para estas viviendas, esta manera se podrá ayudar a las familias con un diseño de la red y además un estudio presupuestario que ayudara a poder concretar la realización de la red.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

La constante escasez hídrica que enfrentan la mayoría de las regiones de nuestro país, al parecer a causa de los efectos del cambio climático, nos demanda mayor urgencia, porque a la falta de infraestructura se suma la escasez del recurso.

La respuesta de cómo las zonas sin agua potable en Chile enfrentan esta situación se puede dividir en dos grandes verticales: las comunidades de población semiconcentrada que tienen o no sistemas de APR y las comunidades dispersas, que son aquellas de baja densidad poblacional, con muy bajas o nulas posibilidades de tener este recurso básico.

En ambos casos se presentan problemas de abastecimiento, las comunidades semiconcentradas que tienen sistemas de APR han tenido importantes fallas o cortes en sus suministros, lo que ha afectado a los beneficiarios de estos sistemas. Estas fallas se deben principalmente a falta de mantención, pero también a cambios en las condiciones climáticas.

En relación al porcentaje de la población semiconcentrada que no tiene aún abastecimiento a través de APR, el MOP pretende tener 100% de cobertura en los próximos 10 a 12 años. Mientras tanto, estas comunidades siguen abasteciéndose de manera informal.

Ahora si nos referimos a las comunidades dispersas, la situación es más dramática, ya que no solo no tienen abastecimiento, sino que no hay planes de inversión para ellos.

Este último es el caso de la comunidad que será evaluada durante el transcurso de esta tesis, la cual se ve afectada no solo por la escasez del recurso hídrico sino que también se ve afectada al no tener solución del tipo APR de parte del municipio eso es lo que manifiestan los habitantes del sector San Jorge, Comuna de Retiro.

Actualmente las viviendas poseen recipientes de diferente capacidad a las afueras de sus hogares, los cuales son abastecidos mediante un camión aljibe municipal que una vez por semana recorre el lugar y abastece a las familias de agua potable.

Durante una visita al sector se pudo corroborar que los afectados efectivamente poseen recipientes plásticos de diferentes capacidades ubicados en los accesos de sus viviendas, los cuales como ya se mencionó son abastecidos con agua potable que provee un camión municipal que transita una vez a la semana, sin embargo este abastecimiento no basta para cubrir la necesidad hídrica de las familias afectadas, según los QMP (Caudales máximos probables) las familias consumen en promedio 96 litros por minuto lo que claramente no se cubre con lo que ellos son abastecidos.

Es por esto que las habitantes priorizan el agua suministrada para consumo y cocina, utilizando agua extraída de norias para poder cubrir el resto de sus necesidades.

Esas son las condiciones en las cuales las familias del sector obtienen el agua potable que la mayoría de las familias en el país obtienen solo abriendo la llave de sus cocinas y/o baños de sus hogares.

Fotografía 001, visita a terreno.

Fotografía 002, visita a terreno.

JUSTIFICACIÓN

Según datos del Censo de 2017, en Chile existen 383.204 viviendas que no cuentan con el servicio de agua potable. Una cifra que se concentra principalmente en el mundo rural y que da cuenta no solo de las consecuencias del cambio climático, sino también de las fuertes desigualdades estructurales del país.

El origen del agua es central para caracterizar las viviendas particulares y el acceso a servicios básicos. Si se comparan datos de censos anteriores, se evidencia un aumento en el acceso a la red pública.

En 1992, por ejemplo, 86% de las viviendas (2.668.212) tenía acceso a agua vía red pública; en 2002 lo hizo 91% de las viviendas (3.548.858) y en 2017 fue 93%, lo que equivale a 5.086.491 viviendas particulares. El gráfico 15 de los resultados expuestos en el censo da cuenta de la diferencia sustantiva entre áreas urbanas y rurales respecto al origen del agua de las viviendas particulares.

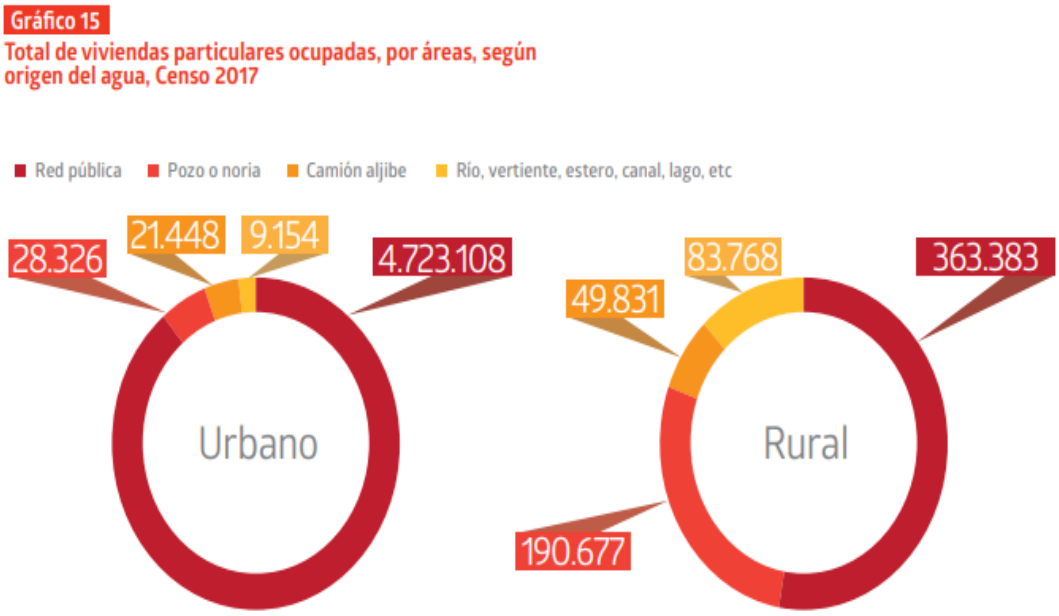


Grafico N° 15, Censo 2017

En zonas urbanas, en 98,8% de los casos se declaró red pública como la fuente del acceso al agua potable, mientras que en áreas rurales este porcentaje bajó considerablemente a 52,8%. Ahí le siguieron la categoría pozo o noria, con 27,7%; río, vertiente, estero, canal, lago, etc., con un 12,2%, y camión aljibe, con 7,2% del total.

Debido a la escasez de agua en zonas rurales tanto de redes de distribución como de fuentes de abastecimiento, es que ha surgido la necesidad de un pequeño grupo de familias de un sector rural de implementar una red de distribución que usara como fuente de abastecimiento un pozo y que alimentara alrededor de 7 viviendas del sector.

El sector a estudiar está ubicado en el Km 6 de la ruta L-607 Comuna de Retiro, Región del Maule.

El cual se encuentra a 4,5 kilómetros del centro de distribución más cercano.

Fotografía N° 001 Vista Geográfica del sector, Google Earth.

Como se mencionó en párrafos anteriores, debido a la escasez y necesidades hídricas de estas familias es que ha surgido el plan de realizar la red de abastecimiento, al lograr el objetivo general de este proyecto y evidenciar la ejecución de este, podremos mejorar de manera considerable el confort y/o calidad de vida de las personas involucradas.

En el pasado quedaran imágenes como las que me tocó ver durante la vista, en la que se puede ver como una adulta mayor debe salir de la comodidad de su hogar para obtener el agua que se encuentra en los recipientes y así poder cubrir las necesidades domésticas que involucren el uso del agua potable. O como el caso que se aprecia en la fotografía 002, donde vemos como una mujer dueña de casa debe acercarse a los recipientes a mitad de la noche para poder calentar de agua y así lograr asear a sus hijos.

Además de distribuir el agua captada desde el pozo se pretende lograr la potabilización de esta mediante filtros y cloradores, lo que otorgara a las familias la tranquilidad de que se está obteniendo un agua apta no solo para uso doméstico sino también para ser utilizada en el consumo personal diario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para familias de un sector rural.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

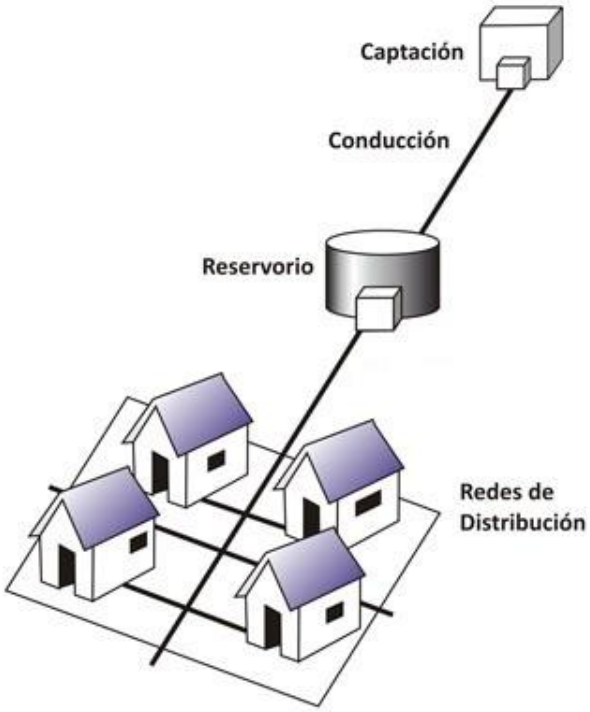
- Determinar un sistema de abastecimiento de agua potable.
- Establecer un método de potabilización.
- Proponer los equipos necesarios para el funcionamiento óptimo del sistema propuesto.
- Evaluar los costos asociados al proyecto de construcción de la red.

MARCO TEORICO
RED DE ABASTECIMIENTO

Una red de abastecimiento de agua potable es aquella que facilita que el agua avance desde el punto de captación hasta el punto de consumo en condiciones aptas para su consumo. Por aptas, no solo se entiende en cuanto a condiciones sanitarias de calidad, sino también de cantidad.

La fuente de agua que da origen al sistema puede ser de:

- Agua de manantiales naturales.
- Agua superficial, como la proveniente de lagos, ríos, embalses o arroyos.
- Agua subterránea, captada con extracciones.
- Otra fuente, como la suministrada con aljibes.



https://www.arkiplus.com/sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable/

Imagen representativa de una red de abastecimiento

PUNTO DE CAPTACIÓN

Corresponde al lugar o la zona desde la cual una red de abastecimiento obtiene el recurso hídrico. Estos puntos de captación pueden ser tanto superficiales como subterráneos, de esta manera se aprovechara el agua ya sea por gravedad o por bombeo y así se garantizara el suministro del recurso a una población.

Los puntos de captación al ser fuentes naturales de agua debemos considerar ciertas ventajas y/o desventajas tales como:

- Desventajas:

  1.- Se deben identificar posibles puntos de contaminación generadas por las actividades que se realizan en los alrededores.

  2.- La cantidad y calidad de agua captada va a depender de la estación y la escorrentía.
- Ventajas

  1.- Es una forma fácil de hacer uso del agua, ya sea por efecto de bombas o por gravedad.

  2.- De obtener agua limpia y fresca se necesitara solo un tratamiento adicional.

  3.- La limpieza y/o mantenimiento del sistema de captación puede realizarse por cualquier miembro de la comunidad.

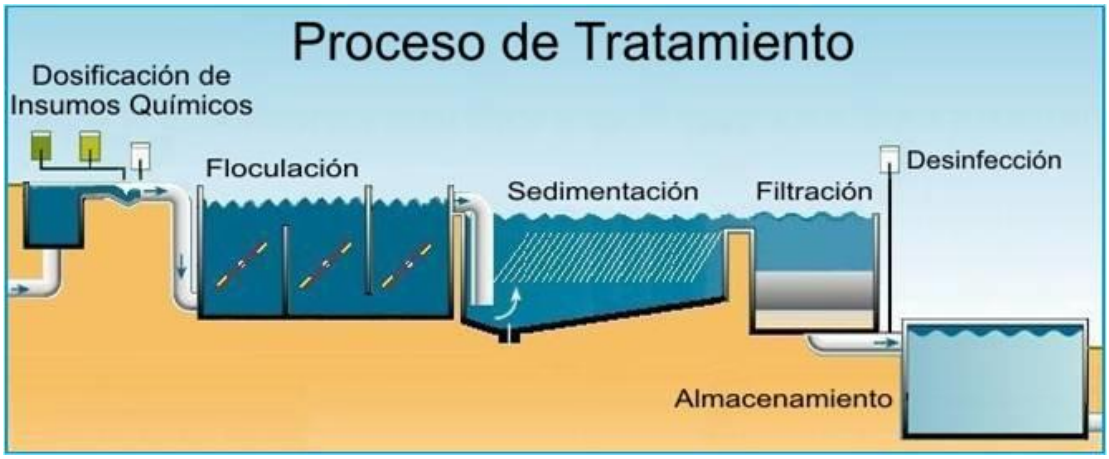
TRATAMIENTO

Es el proceso con operaciones de distintos tipos (físico, químico, físico-químico o biológico) cuyo objetivo es la eliminación y/o reducción de la contaminación o de las características no deseables de las aguas.

La finalidad de este proceso es obtener agua con las características adecuadas al uso que se le quiera dar. Por eso el proceso de tratamiento de agua varía en función de las propiedades iniciales del agua y también de su uso final.

Cabe mencionar que este proceso es cada vez más necesario debido a la escasez de agua potable y a la creciente necesidad de la población mundial.

Del total del agua que hay en el planeta tan solo un 2,5% es agua dulce y de esa cantidad tan solo el 0,4% es agua para el consumo humano.



https://www.chilecubica.com/insta-sanitarias-y-especiali/tratamiento-de-agua/

DOTACIÓN

Corresponde a la cantidad de agua en promedio que consume cada habitante y que comprende todos los tipos de consumo en un día promedio anual, incluyendo las perdidas físicas en el sistema.

CAUDAL

Volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado, un caudal se calcula mediante la siguiente formula:

$$Q: V/t$$

Siendo: Q: Caudal

V: Volumen

t: tiempo

Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos.

Para medir el caudal se utilizan los siguientes métodos:

- Método Volumétrico:
  Es un método para medir el caudal de agua en arroyos muy pequeños, es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

- Método Velocidad-Superficie:
  Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal.
  Para calcular la velocidad de la corriente se mide el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida.

POTABILIZACIÓN

Es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para la salud. Se refiere tanto para beber como para preparar alimentos.

La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan toxicas para las personas, como cromo, plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que puedan estar presentes en el agua.

En definitiva, eliminar cualquier potencial riesgo para la salud de las personas.

Ahora, ¿Cómo potabilizar el agua?

El agua se potabiliza en lo que se conoce como una estación de tratamiento de agua potable, comúnmente se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras.

El proceso de potabilización del agua varía en función de las condiciones naturales del territorio, por ejemplo:

- Si la fuente de agua es superficial, el tratamiento suele consistir en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono.
- Si la fuente tiene presencia de sales y/o metales pesados los procesos de eliminación de este tipo de impurezas son más complicados y costosos.

  En zonas con escasez de recursos hídricos y costeras se puede obtener agua potable por desalinización, que se suele llevar a cabo por ósmosis inversa o por destilación.

MARCO NORMATIVO

- Nch 409/1 Of. 2005 AGUA POTABLE - REQUISITOS

- NCh 691 Of. 1998 AGUA POTABLE - PRODUCCIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN - REQUISITOS DE DISEÑO

- NCh 777 Of. 2000 AGUA POTABLE - FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y OBRAS DE CAPTACIÓN - PARTE 1: CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.

- NCh 1365 Of. 2021 AGUA POTABLE – PLANTAS DE TRATAMIENTO - TERMINOLOGÍA

- NCh 1366 Of. 2021 AGUA POTABLE – PLANTAS DE TRATAMIENTO - GENERALIDADES

- NCh 1367 Of. 2021 AGUA POTABLE – PLANTAS DE TRATAMIENTO – DESARENADORES Y SEDIMENTADORES

- NCh 2485 Of. 2000 INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE – DISEÑO, CÁLCULO, Y REQUISITOS DE LAS REDES INTERIORES.

- RIDDA REGLAMENTO DE INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

METODOLOGÍA

Proyecto de tipo descriptivo, el cual se llevara a cabo mediante el análisis y recolección de datos, a través de encuestas y visita a terreno, en sector rural.

- ÁREA DE ESTUDIO

Sector San Jorge, Comuna de Retiro, Región del Maule.

- POBLACIÓN

En el área geográfica en la que se llevara a cabo el proyecto de la red abastecimiento de agua potable, está compuesto principalmente por usuarios adultos entre un rango etario de 30-50 años.

- METODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el proyecto a realizar, se aplicara una encuesta del tipo descriptiva que abarcara esferas sociodemográficas y familiares, con la finalidad de realizar una recolección de datos referente al grupo familiar y a la utilización de agua en el hogar.

- PROCESO

En primer lugar, se contactara a los jefes de hogar de cada vivienda con el fin de informar en que consiste el proyecto, cuál será su objetivo principal y como cada uno de ellos se verá favorecido y/o involucrado en la realización de este estudio.

De acuerdo a lo anterior se solicitara su autorización mediante un consentimiento informado que se le entregara a cada una de las familias, en el cual se especifica la utilización de sus datos familiares y de vivienda para llevar a cabo el proyecto.

Posterior a su aprobación se aplicara una encuesta informando en qué consistirá el tipo de pregunta, el tiempo de realización y la información a solicitar.

- INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Método: Encuesta dirigida a cada familia del sector.

Técnica: Cuestionario de preguntas abiertas y cerradas con respuestas múltiples.

- DESARROLLO DEL INSTRUMENTO

El cuestionario será elaborado por el estudiante a cargo del proyecto junto con la supervisión y evaluación de docente guía de la universidad Federico Santa María.

El instrumento utilizado se conformara por dos ítems generales donde se evaluaran las esferas sociodemográficas y familiares de cada hogar.

El primer ítem consta de una pregunta abierta con respuesta múltiple para la identificación de cada integrante del componente familiar.

En el segundo ítem se recopilara información acerca del acceso a agua y la utilización de esta en los diferentes utensilios u artefactos a los cuales tenga acceso la familia.

La encuesta y consentimiento informado a entregar a cada jefe de hogar, son los siguientes:

I.- CONSENTIMIENTO INFORMADO

Si hablamos de abastecimiento de agua nos referimos a un sistema de obras de ingeniería conectadas que nos permite llevar el recurso hídrico hasta las viviendas de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa. A raíz de lo anterior, se ha pensado suministrar agua a un conjunto de viviendas de un sector rural que no cuentan con acceso a agua potable. Aquí radica la importancia de evaluar el componente familiar y su acceso o uso de agua potable.

El estudiante de Ingeniería en Construcción de la universidad Federico Santa María, sede Concepción, MARIO ESTEBAN LÓPEZ VASQUEZ, guiado por docente CRISTOPHER PÉREZ están realizando este proyecto cuyo objetivo es "PROPONER UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA FAMILIAS DE UN SECTOR RURAL, EL CUAL SERÁ DISEÑADO Y EVALUADO PARA SATISFACER LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE CADA UNA DE ESTAS FAMILIAS"

Cabe mencionar que este proyecto adquiere gran relevancia para usted y su familia, ya que, permite identificar su acceso a agua potable y el uso de esta, con el fin de analizar y llevar a cabo el proyecto de abastecimiento de esta red de agua potable de manera segura y estable para uso doméstico y de consumo. Su participación en este proyecto será voluntaria, no implicara costos ni riesgos y la información obtenida será confidencial solo para fines académicos. Una vez transcrito los datos, la encuesta será eliminada protegiendo sus respuestas e identidad. Si surge alguna duda, puede hacerlas en cualquier instancia, así como también puede retirarse cuando desee de este estudio sin ninguna consecuencia negativa, sea antes o durante el proceso.

ACEPTO _____ NO ACEPTO_____

_____ FIRMA JEFE DE HOGAR

II.- ENCUESTA A EVALUAR FACTORES SOCIODEMOGRAFICOS Y FAMILIARES DEL HOGAR.

Señor (a):

A través de este documento, queremos realizar unas preguntas que no tardara mucho tiempo en contestar, sus respuestas serán confidenciales.

1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO FAMILIAR

NOMBRE	**RUT**	**EDAD**	**SEXO**
1.			
2.			
3.			
4.			

2. UTENSILIOS U ARETFECTOS PRESENTES EN SU HOGAR QUE REQUIERAN CONSUMO DE AGUA.

N°	**ARTEFACTO**	**¿LO UTILIZA? SI/NO**	**CANTIDAD DE ARTEFACTOS EN EL HOGAR**
1	Bañera		
2	Ducha		
3	Inodoro		
4	Lavaplatos		
5	Lavamanos		
6	Lavadora		
7	Llave de jardín		
8	Lavadero		

CAPÍTULO II

CALCULO DE DISEÑO

En primer lugar, se definen 2 circuitos conectados al estanque proyectado, el primero es el que se proyecta desde el estanque de acopio hasta las viviendas el cual estará conectado a una bomba y un sistema hidroneumático para asegurar una presión de agua favorable.

El segundo circuito se instalara desde el punto de captación hasta el estanque el cual constara de una bomba para llevar el agua hasta el estanque.

Para poder definir las dimensiones de las cañerías por donde se transportara el agua que abastecerá las viviendas, es necesario primero que todo, saber cuál será el consumo (Caudal) y presión (Carga) requerida por el sistema.

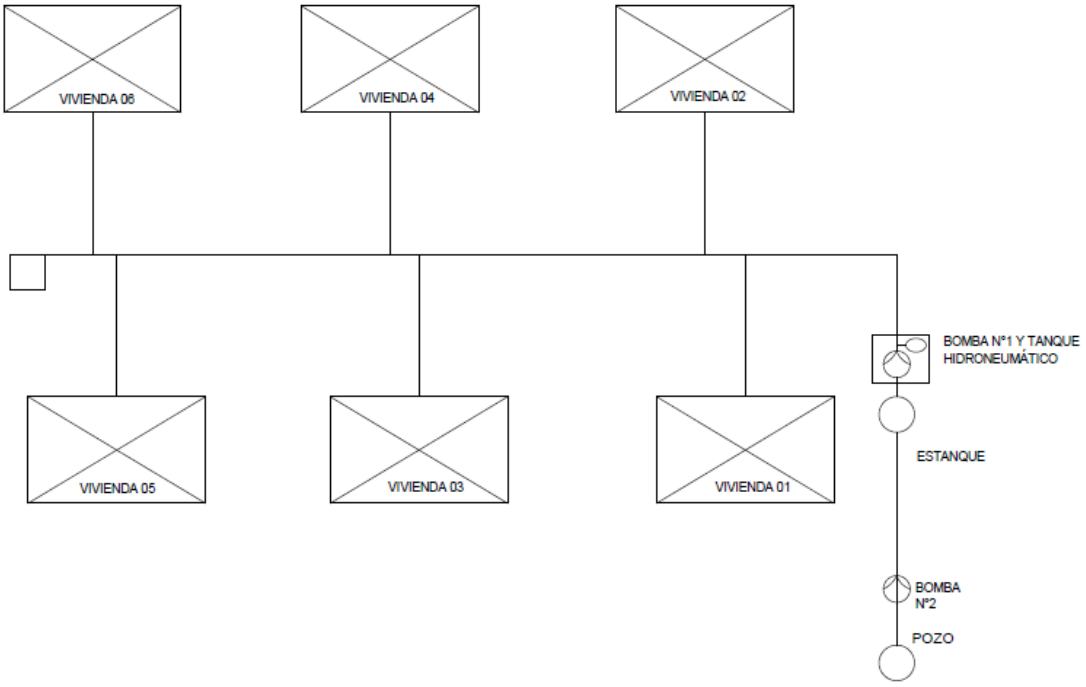


Figura 001: Primer y segundo circuito para abastecimiento de Agua.

PRIMER CIRCUITO

Ya mencionado anteriormente, el circuito se encontrara situado entre el estanque y los puntos de consumo.

Ahora debemos calcular el caudal y presión que se necesita suministrar y que deberá soportar el circuito, para eso debemos tener en cuenta que los artefactos no estarán todos en uso de manera simultánea, por lo que el caudal instalado será mucho mayor al caudal real consumido al cual se le conoce como Caudal Máximo Probable.

- Caudal instantáneo posible:

  También conocido como "Caudal instalado", y se obtiene mediante los valores de la tabla GASTO INSTALADO DE LLAVES DE AGUA POTABLE EN ARTEFACTOS SANITARIOS correspondiente al anexo N° 3 del RIDDA.

- Caudal Real:

  Se conoce como "Caudal Máximo Probable" se calculará a partir del gasto instalado mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Q.M.P. = 1.7391 * QI^{0.6891}}$$

GASTO INSTALADO DE LLAVES DE AGUA POTABLE EN ARTEFACTOS SANITARIOS

TIPO DE ARTEFACTO	GASTO (L/min)	
	AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
INODORO CORRIENTE	10	
INODORO CON VALVULA AUTOMATICA	Especificaciones del fabricante	
BAÑO LLUVIA	10	10
BAÑO TINA	15	15
LAVATORIO	8	8
BIDET	6	6
URINARIO CORRIENTE	6	
URINARIO CON VALVULA AUTOMATICA	Especificaciones del fabricante	
LAVAPLATOS	12	12
LAVADERO	15	15
LAVACOPAS	12	12
BEBEDERO	5	
SALIVERA DENTISTA	5	
LLAVE DE RIEGO 13 mm	20	
LLAVE DE RIEGO 19 mm	50	
URINARIO CON CAÑERIA PERFORADA/m	10	
DUCHA CON CAÑERIA PERFORADA/m	40	

Tabla N° 1

Anexo N° 3, RIDDA
(Gasto instalado de llaves de agua potable en artefactos sanitarios)

CALCULO DE CAUDAL INSTALADO.

Para realizar los cálculos de caudal instalado utilizaremos la fórmula de “Caudal máximo probable” o QMP en la cual reemplazaremos los datos obtenidos de la Tabla N°1 “Anexo 3 del RIDDA” de acuerdo a los artefactos utilizados en cada hogar de las familias encuestadas.

- Vivienda N°1

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro Corriente: 15 + 8+ 10= [33 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= 20= [20 Lt/min]

- Vivienda N°2

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro: 15 + (2*8)+ (2*10)= [51 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= 3*20= [60 Lt/min]

- Vivienda N°3

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro: 15 + 8 + 10= [33 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= 20= [20 Lt/min]

- Vivienda N°4

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro: 15 + 8 + 10= [33 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= (2*20)= [40 Lt/min]

- Vivienda N°5

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro: 15 + 8 + 10= [33 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= (2*20)= [40 Lt/min]

- Vivienda N°6

  Baño: Baño Tina + Lavatorio + Inodoro Corriente: 15 + 8+ 10= [33 Lt/min]

  Cocina: Lavaplatos + Lavadero= 12 + 15= [27 Lt/min]

  Jardín: Llave de riego 13 mm= 20= [20 Lt/min]

  Sumando tenemos que:

  QI= Viv.1 + Viv.2 + Viv.3 + Viv.4 + Viv.5 + Viv.6

  = 80 L/min +138 L/min +80 L/min +100 L/min +100 L/min +80 L/min

  QI= 578 L/min

  Ahora utilizando la fórmula de QMP (Caudal Máximo Probable) tenemos que:

  QMP= 1,7391 * QI^0,6891

  Reemplazando:

  QMP= 1,7391 * 578^0,6891

  = 1,7391 * 80,028

  QMP1= 139.18 L/min = 140 L/min = 0,0023 M3/seg

CALCULO DE PRESIÓN PRIMER CIRCUITO

Para calcular la presión de bombeo se debe realizar un balance de energía, en el que se incluyen todas las diferencias de alturas, pérdidas de cargas y presión útil. Para conseguir esto se recurre a la ecuación de Bernoulli, que está definida de la siguiente manera:

$$\left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_1 + Z_1 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_1\right) + \mathrm{HP} = \left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_2 + Z_2 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_2\right) + Perdidas^{1-2}$$

Dónde:

1 corresponde al punto de entrada (Punto de captación) situado en un pozo, cuya presión en ese punto corresponde a la atmosférica y 2 pertenece a la salida (centro de consumo), a nivel de las duchas.

Para realizar el cálculo de la presión a bombear se deben calcular todas las pérdidas de carga (pérdidas de presión en la tubería), tanto en los accesorios como en la tubería misma. Además de las diferencias de altura que existen entre el punto de abastecimiento y de consumo. Para ello, se ha creado una red tentativa que abastecerá cada una de las casa, ilustrada en la Figura n° 002.

Este primer circuito consta con tramos de distinto diámetro nominal, con el fin que los puntos de consumo más alejados tengan una presión tan favorable como en los primeros. De esta manera se asegurará una presión homogénea en todo el circuito.

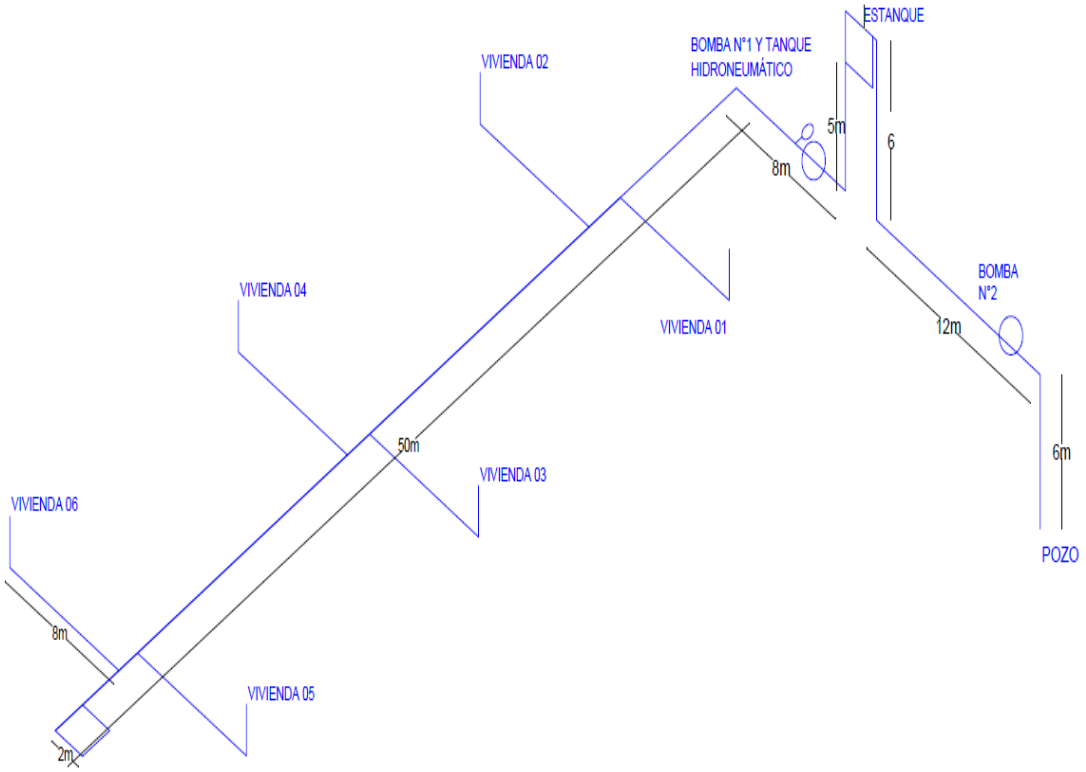


Figura 002: Esquema de circuito tentativo.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CAÑERIA

Determinación del tamaño de las líneas de transporte de agua (pérdidas fricciónales), para el dimensionamiento conviene recurrir a un criterio de velocidad. Se recomiendan velocidades entre 1,5 a 3,0 [m/s]. Para este caso tomaremos una velocidad de 2,0 [m/s] Se utilizará tubería de PVC para el tramo donde va montada la bomba.

CAUDAL EN TUBERIAS

Formula Q= V*A Donde= Q: Caudal

V: Velocidad

A: Área

A= $(\pi * D^2)/4$

Ahora reemplazamos los datos que tenemos en la fórmula de caudal y obtenemos que:

$A_{PVC} = \frac{Q}{V} = \frac{0{,}0023\ m3/seg}{2\ m/seg}$ = 0,00116 m2

Reemplazamos ahora el resultado en la fórmula de Área y obtenemos que:

D_{PVC} = √ ((4*A)/π)

D_{PVC} = √ ((4*0,00166 m2)/π)

D_{PVC} = 0,0459 m = 0,05 m

Para la tubería de PVC, se determinó un diámetro interior de 45,9 mm, como esa medida no existe en el comercio se selecciona una cañería de PVC de 2" (50 mm)

A= $(\pi * D^2)/4 = (\pi * 0.05^2)/4$ = 0.0019 m2

V= Q/A = (0.0023 m3/seg) / (0.0019 m2) = 1.21 m/seg

También se determinó la velocidad del fluido de 1,21 m/s dentro de la tubería de PVC de 50 mm

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE FRICCIÓN

Para continuar con el desarrollo debemos ahora calcular la variación de energía existente en el circuito que se está diseñando.

Para esto utilizaremos la ecuación de **Hazen-Williams, e**sta es una ecuación empírica de extendido uso en el Campo de la Ingeniería Civil para el cálculo de las pérdidas por fricción en conducciones a presión. Surge a principios del siglo XX, como una tendencia de solventar lo complejo que resultaba el cálculo de estas pérdidas con la Ecuación de Darcy-Weisbach.

Este tipo de pérdidas de produce por la fricción que existe entre las paredes de la tubería con el fluido que se conduce, a su vez, depende de varios parámetros entre los cuales tenemos: la sección, la longitud, el tipo de material de la tubería (rugosidad), la velocidad del fluido, así como también su densidad y viscosidad. Estas pérdidas se consideran como las más importantes en el estudio de sistemas de agua.

Si consideramos que la aplicación de la ecuación de Hazen-Williams es para el cálculo de las pérdidas por fricción en tuberías completamente llenas de agua (a presión) y utilizando la ecuación de continuidad para expresarla en función del caudal conducido (Q) así como el diámetro (D) y Longitud (L) de la tubería, tendremos la expresión más conocida para las pérdidas por fricción totales (hf):

$$\mathbf{hf = 10{,}67 * L\ [Q^{1{,}85}/(C^{1{,}85} * D^{4{,}85})]}$$

Dónde: ΔH: Perdida de Energía (m)

L: Longitud de la tubería entre 1 y 2

Q: Caudal de diseño (m3/seg)

D: Diámetro interior (m)

Pero hay un problema ya que esta ecuación solo se puede o se recomienda usar cuando los diámetros son mayores a 100 mm, por lo que deberemos usar la siguiente formula, que si es válida para tuberías de diámetro menor a 100 mm que es nuestro caso:

$$\Delta H = 676{,}745 * L\ [Q^{1,85}/D^{4,753}]$$

Dónde: ΔH: Perdida de Energía (m)

L: Longitud de la tubería entre 1 y 2

Q: Caudal de diseño (m3/seg)

D: Diámetro interior (m)

Reemplazando en la formula anterior tenemos que:

$\Delta H = 676{,}745 * 69\ m\ [140\ Lt/min^{1,85}/45{,}2\ mm^{4,753}]$

$\Delta H = 676{,}745 * 69\ m * 1{,}269x10^{-4}$

ΔH = 5,9256 m

DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS SINGULARES

Este tipo de pérdidas son producidas cuando el fluido experimenta un cambio de movimiento debido al cambio de dirección que se presenta, a diferencia de las pérdidas de carga por fricción, estas pérdidas son originadas por la turbulencia que se origina en cualquier punto específico dentro de cualquier sistema de tuberías, dentro de estos puntos podemos considerar: codos, reducciones, válvulas, juntas, etc.

Para calcular este tipo de perdidas recurrimos a la ecuación:

$$\Delta H = K * V^2 / 2g$$

Dónde: ΔH: Perdida de Energía (m)

K: Coeficiente de pérdida por singularidad

V: Velocidad (m/seg)

G: Aceleración de gravedad (m/s^2)

Antes de iniciar el reemplazo de los datos en la ecuación, debemos identificar el factor K en la tabla siguiente:

VALORES DEL COEFICIENTE "K" EN PÉRDIDAS SINGULARES	
Accidente	K
Válvula esférica (totalmente abierta)	10,00
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5,00
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,50
Válvula de retención (totalmente abierta)	2,00
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,20
Válvula de compuerta (3/4 abierta)	1,15
Válvula de compuerta (1/2 abierta)	5,60
Válvula de compuerta (1/4 abierta)	24,00
Válvula de Pie	2,50
Tee; paso directo	0,10
Tee; salida lateral	1,80
Codo 90°; radio corto	0,90
Codo90°; radio normal	0,75
Codo 90°; radio grande	0,60
Codo 45°; radio corto	0,45
Codo 45°; radio normal	0,40
Codo 45°;radio grande	0,35
Unión de desmontaje	0,40
Ensanchamiento Brusco	0,30
Reducción brusca	1,00

Tabla N° 003: Coeficiente "K" para pérdidas singulares

Resumiendo los accesorios que encontramos en el tramo 1 del circuito, tenemos los siguientes accesorios:

Codo 90º Radio Grande= 5 unidades, factor k: 0,6

Tee Cambio de dirección= 1 unidad, factor k: 1,8

Reducción= 1 unidad, factor k: 1

Ensanchamiento= 1 unidad, factor k: 0,3

Unión universal= 2 unidades, factor k: 0,4

Válvula esférica= 1 unidad, factor k:10

Reemplazando los datos en la ecuación obtenemos que:

$\Delta H = K * V^2 / 2g$

$\Delta H = [(0,6*5) + 1,8 + 1 + 0,3 + (0,4*2) + 10] * [(1,21\ m/seg)/ (2 * 9,8\ m/seg^2)]$

$\Delta H = 16,9 * 0,061734693$

$\Delta H = 1,043$ m

Con las pérdidas calculadas, regulares (5,9256 m) como singulares (1,043 m), en las cañerías, las diferencias de altura, velocidades y presiones, se puede determinar mediante la ecuación de Bernoulli la carga de la bomba.

$$\left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_1 + Z_1 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_1\right) + \text{HP} = \left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_2 + Z_2 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_2\right) + \text{Perdidas}$$

Despejando obtenemos:

$HP = (Z_2 – Z_1) + [(P_2 - P_1) / y] + [(V_2^2 – V_1^2) / 2g] + \text{Perdidas}$

Reemplazando tenemos que:

$HP= (5 - 2)\ m + [(10332,27 + 6999,81) / 1000]\ m + [(1,21^2) / 2*9,8]\ m + 6,9686\ m$

HP= 3 m + (17332,08/1000) m + 0,07469 m + 6,9686 m

HP= 3 m + 17,33208m + 0,07469m + 6,9686 m

HP_1= 27,37537 m

SEGUNDO CIRCUITO

Una vez determinado el primer circuito de la red, podemos diseñar el segundo. Dado que es necesario saber el caudal que se debe suministrar para el primer circuito, con el fin de que el segundo circuito sea capaz de abastecer las necesidades del primero (caudal). Además, se propone que sea completamente de tubos de PVC C10.

CAUDAL

Tomando como referencia el caudal del primer circuito, se debe elegir uno que sea relativamente mayor para el diseño del segundo circuito.

Dado que:

QMP= 139,18 L/min = 140 L/min = 0,0023 m3/seg

El caudal para el segundo circuito será:

QMP= 160 L/min = 0,0027 m3/seg

CALCULO DE PRESIÓN SEGUNDO CIRCUITO

Para calcular la presión de bombeo que necesitará el segundo circuito, se utilizará el "Método Analítico", utilizado para la determinación del primer circuito.

Para tener una idea más clara de cómo será el circuito, se ilustra en la figura N° 003 un circuito tentativo para el tramo que va desde el pozo hasta el estanque.

La velocidad del agua dentro de la tubería deberá ser de 2,0 [m/s]

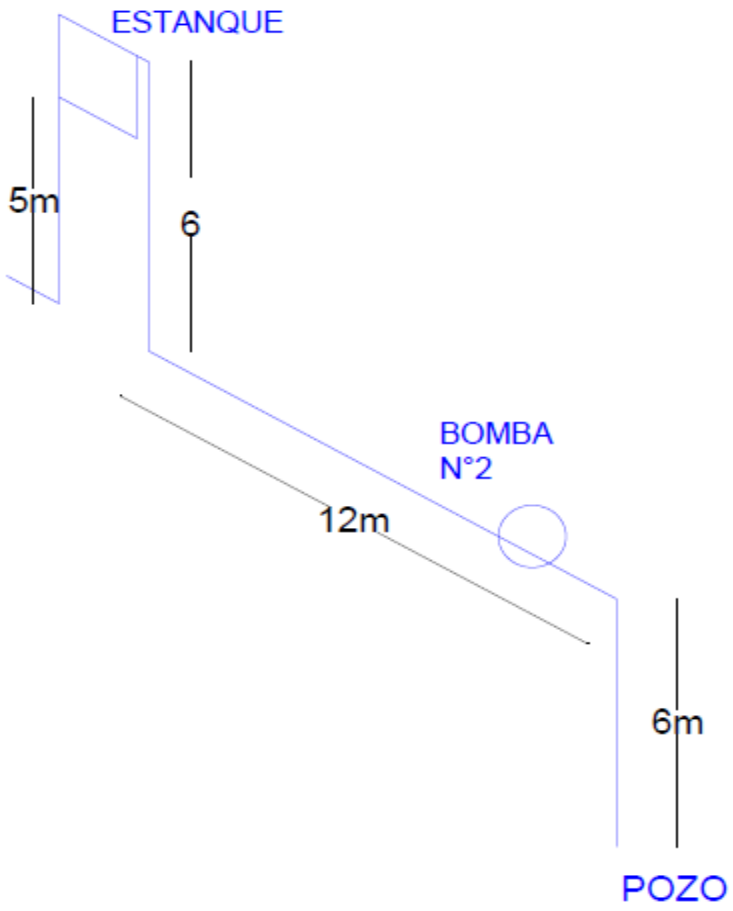


Figura 003: Segundo circuito. Tramo entre el pozo y el estanque.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CAÑERIA

Para determinar el tamaño de la tubería del segundo tramo procederemos igual que en el primer circuito y reemplazaremos los datos que conocemos en las fórmulas de Caudal y Área para posteriormente calcular las perdidas por fricción y las perdidas singulares.

CAUDAL EN TUBERIAS

Formula Q= V*A Donde= Q: Caudal

V: Velocidad

A: Área

$$A = (\pi * D^2)/4$$

Ahora reemplazamos los datos que tenemos en la fórmula de caudal y obtenemos que:

$A_{PVC} = \frac{Q}{V} = \frac{0{,}0027\ m3/seg}{2\ m/seg} = 0{,}00135$ m2

Reemplazamos ahora el resultado en la fórmula de Área y obtenemos que:

$D_{PVC} = \sqrt{((4*A)/\pi)}$

$D_{PVC} = \sqrt{((4*0{,}00135\ m2)/\pi)}$

$D_{PVC} = 0{,}04145$ m = 0,05 m

Para la tubería de PVC, se determinó un diámetro interior de 41,4 mm, como esa medida no existe en el comercio se selecciona una cañería de PVC de 2” (50 mm)

$A = (\pi * D^2)/4 = (\pi * 0.05^2)/4 = 0.0019$ m2

V= Q/A = (0.0027 m3/seg) / (0.0019 m2) = 1.421 m/seg

También se determinó la velocidad del fluido de 1,421 m/s dentro de la tubería de PVC de 50 mm, tubería que suministrara los 160 L/min que abastecerá el estanque de acumulación.

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE FRICCIÓN

Para continuar con el desarrollo debemos ahora calcular la variación de energía existente en el circuito que se está diseñando.

Para esto utilizaremos la ecuación de **Hazen-Williams** al igual que el circuito anterior.

Al igual que el ejercicio anterior deberemos usar la fórmula que es válida para tuberías de diámetro menor a 100 mm que es nuestro caso:

$$\Delta H = 676{,}745 * L\ [Q^{1{,}85}/D^{4{,}753}]$$

Dónde: ΔH: Perdida de Energía (m)

L: Longitud de la tubería entre 1 y 2

Q: Caudal de diseño (m3/seg)

D: Diámetro interior (m)

Reemplazando en la formula anterior tenemos que:

$\Delta H = 676{,}745 * 18\ m\ [160\ Lt/min^{1{,}85}/45{,}2\ mm^{4{,}753}]$

$\Delta H = 676{,}745 * 18\ m * 1{,}6246x10^{-4}$

ΔH = 1,979 m

DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS SINGULARES

Para el cálculo de las pérdidas singulares, se utiliza la Ecuación de perdida de energía para tuberías con flujo a presión, donde se necesita los coeficientes “K” para determinar el valor de la pérdida singular, expuestos en la tabla N° 003, Coeficiente K para perdidas regulares.

$$\Delta H = K * V^2 / 2g$$

Dónde: ΔH: Perdida de Energía (m)

K: Coeficiente de pérdida por singularidad

V: Velocidad (m/seg)

G: Aceleración de gravedad (m/s^2)

Tomando en consideración la tabla ° 003 y resumiendo los accesorios que encontramos en el tramo 2 del circuito, tenemos los siguientes accesorios:

Válvula de retención = 1 unidades, factor k: 2

Codo de 90 ° radio normal= 3 unidades, factor k: 0,75

Reducción= 1 unidad, factor k: 1

Ensanchamiento= 1 unidad, factor k: 0,3

Unión universal= 2 unidades, factor k: 0,4

Reemplazando los datos en la ecuación obtenemos que:

$\Delta H = K * V^2 / 2g$

$\Delta H = [(0,75*3) + 2 + 1 + 0,3 + (0,4*2)] * [(1,421\ m/seg)/ (2 * 9,8\ m/seg^2)]$

$\Delta H = 6,35 * 0,0725$

ΔH = 0,46 m

Con las pérdidas calculadas, por fricción (1,979 m) y singulares (0,46 m) en las cañerías, las diferencias de altura, velocidades y presiones, se puede determinar mediante la ecuación 3.1, ecuación de Bernoulli la carga de la bomba.

$$\left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_1 + Z_1 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_1\right) + \text{HP} = \left(\left(\frac{P}{\gamma}\right)_2 + Z_2 + \left(\frac{V^2}{2G}\right)_2\right) + \text{Perdidas}$$

Despejando obtenemos:

$HP = (Z_2 – Z_1) + [(P_2 - P_1) / y] + [(V_2^2 – V_1^2) / 2g] + Perdidas$

Reemplazando tenemos que:

$HP= (6 - -6)\ m + [(0 + 0) / 1000]\ m + [(1{,}421^2) / 2*9{,}8]\ m + 2{,}439\ m$

$HP= 12\ m + (0/1000)\ m + 0{,}103\ m + 2{,}439\ m$

$HP= 12\ m + 0\ m + 0{,}103m + 2{,}439\ m$

HP_2= 14,542 m

Para el segundo circuito se selecciona una cañería de PVC C10, con diámetro nominal de 50 [mm], en donde el agua a transportar tendrá una velocidad de 1,421 [m/s]. Además, se determinó una altura manométrica de 12[m] aprox. para la bomba que se montara en el circuito para aspirar el agua.

CAPÍTULO III

CALCULO DE EQUIPOS

En este capítulo se abordara la selección de cada equipo necesario para el funcionamiento de la red de abastecimiento. Tales como bombas, tanque hidroneumático, clorador, etc. Con el fin de poder determinar el equipo que satisface de mejor manera las necesidades de la red.

ELECCIÓN DE LA BOMBA PARA EL PRIMER CIRCUITO

Preferentemente las bombas a emplearse en sistemas de elevación de agua son del tipo "Monoblock" o bombas centrifugas, con rodete cerrado, con aspiración axial e impulsión radial.

Para el caso de equipos, cuya presión no exceda los 58 [m.c.a.] y que por lo tanto empleen una sola red de distribución, el tipo de bomba más adecuada será la de un rodete o unicelular. Para poder seleccionar la bomba impulsora adecuada, es necesario determinar 4 elementos importantes: Tipo de líquido a bombear, Caudal a bombear, Presión/Altura requerida y Clase y tipo de bomba.

TIPO DE LÍQUIDO A BOMBEAR

El sistema de abastecimiento diseñado, pretende suplir necesidades domésticas. El fluido a suministrar es agua limpia, sin sólidos en suspensión, desde un depósito, por lo que es recomendado utilizar una bomba de tipo centrifuga de rodete.

CAUDAL REQUERIDO

Mediante los cálculos efectuados anteriormente, se determinó el caudal necesario que se deberá suministrar a la red, el cual es:

QMP= 140 L/min = 0,0023 m3/seg

PRESIÓN / ALTURA REQUERIDA

En el subcapítulo anterior se determinó la altura manométrica, que se debería suministrar al sistema. Tomando este valor, se selecciona un valor de presión o altura.

$$HP_1 = 27{,}37537 \text{ (m.c.a)} = 2{,}68 \text{ (bar)}$$

CLASE Y TIPO DE BOMBA

Para la red diseñada, la bomba a seleccionar deberá entregar el caudal, a la presión requerida, determinados anteriormente.

Dado el tipo de fluido (agua sin sólidos), y los requerimientos de presión y caudal, el tipo de bomba más adecuada sería de tipo centrífuga de flujo radial.

Para la elección de la bomba, se elige al fabricante PEDROLLO.

Al revisar el catálogo de bombas, se selecciona una bomba de la serie CP, dado que cumple de mejor forma las condiciones de trabajo, al ser autocebante trabaja de forma óptima al acoplarse a un tanque de presurización.

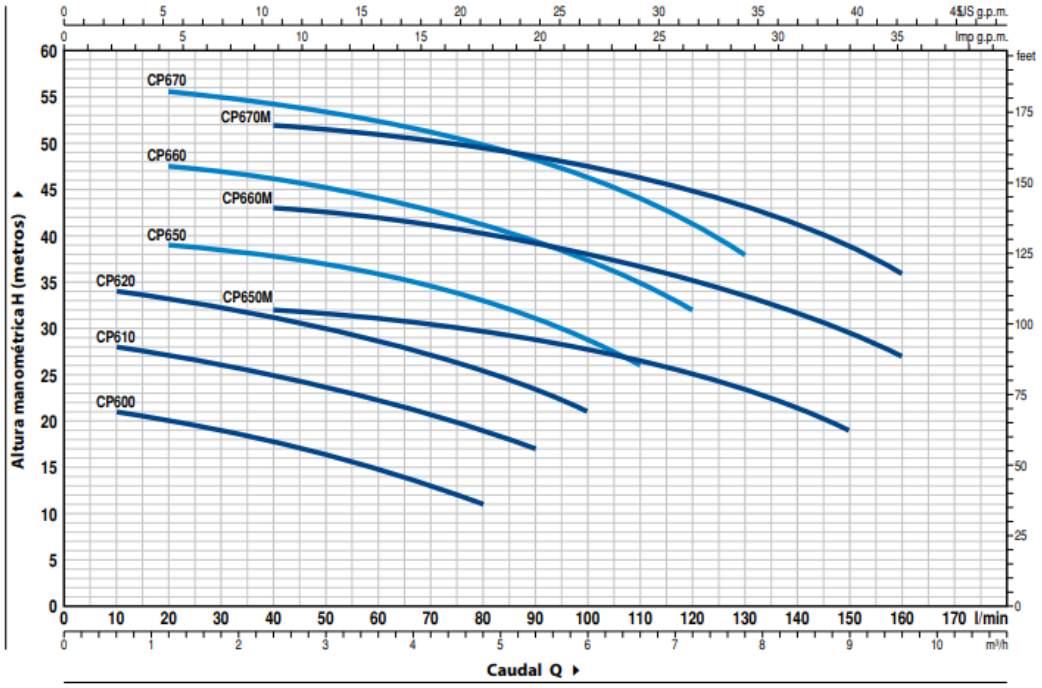


Tabla 004: Curva de funcionamiento de bombas (H vs Q). Modelo CP

MODELO		POTENCIA (P2)			Q m³/h	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	9.0	9.6
Monofásica	**Trifásica**	**kW**	**HP**	▲	l/min	**0**	**10**	**20**	**40**	**60**	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**	**130**	**150**	**160**
CPm 600	**CP 600**	0.37	0.50	**IE2**		22	21	20	18	15	11							
CPm 610	**CP 610**	0.60	0.85			28.5	28	27	25	22	19	17						
CPm 620	**CP 620**	0.75	1	**IE3**		35	34	33	31	28.5	25.5	23.5	21					
CPm 650	**CP 650**	1.1	1.5			40	–	39	38	36	33.1	31.2	28.8	26				
CPm 660	**CP 660**	1.5	2		**H** metros	48	–	47.5	46	44	41	39.5	37.5	35	32			
CPm 670	**CP 670**	2.2	3			56	–	55.5	54.5	52.5	50	48.5	46.5	44	41.5	38		
CPm 650M	**CP 650M**	1.1	1.5			33	–	–	32	31	30	29	28	26.5	25	23	19	
CPm 660M	**CP 660M**	1.5	2			44	–	–	43	42	40	39	38	37	35.5	34	29.5	27
CPm 670M	**CP 670M**	2.2	3			53	–	–	52	51	49.5	48.5	47.5	46.5	45	43.5	39	36

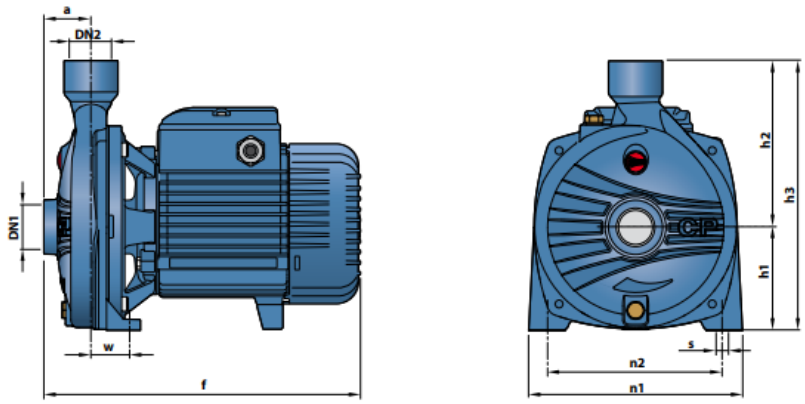
Q = Caudal **H** = Altura manométrica total **HS** = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

Tabla 005: Datos de funcionamiento de los modelos de bombas CP

DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h3	h1	h2	n1	n2	w	s	1~	3~
CPm 600	CP 600	1"	1"	42	257	205	82	123	165	135	38	11	7.0	7.7
CPm 610	CP 610												8.5	7.8
CPm 620	CP 620				286	240	92	148	190	160	37		11.0	10.9
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	1¼"	1"	51	367	260	110	150	206	165	44.5	11	17.8	17.6
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M												18.9	17.9
CPm 670 - 670M	CP 670 - 670M				367/387								20.9	22.5

Tabla 006: Dimensiones y pesos de las bombas modelos CP

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN		
Monofásica	220 V	110 V	127 V
CPm 600	2.7 A	5.5 A	5.2 A
CPm 610	4.0 A	8.0 A	8.0 A
CPm 620	6.0 A	12.0 A	10.4 A
CPm 650	8.8 A	17.6 A	16.0 A
CPm 650M	8.8 A	17.6 A	16.7 A
CPm 660	9.7 A	20.0 A	16.8 A
CPm 660M	9.7 A	19.0 A	18.4 A
CPm 670	13.2 A	25.0 A	22.9 A
CPm 670M	12.0 A	24.0 A	19.0 A

MODELO	TENSIÓN			
Trifásica	220 V	380 V	220 V	440 V
CP 600	1.8 A	1.0 A	2.0 A	1.2 A
CP 610	2.8 A	1.6 A	2.6 A	1.5 A
CP 620	4.2 A	2.4 A	4.2 A	2.4 A
CP 650	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 650M	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 660	7.6 A	4.4 A	5.9 A	3.2 A
CP 660M	7.6 A	4.4 A	6.4 A	4.1 A
CP 670	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 670M	8.6 A	5.0 A	7.8 A	4.5 A

Tabla 007: Consumo de amperios de bombas modelos CP

De la figura de “Curva y datos de prestaciones” de las bombas y de las tablas de funcionamiento de estas, se determina que la bomba adecuada para el circuito es el modelo CP660M Trifásica.

CALCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA DEL PRIMER CIRCUITO

Para determinar la potencia que la bomba entrega al fluido, en este caso agua, está dada por la siguiente ecuación:

$P_{bomba} = HP * \rho * g * Q$

Dónde:

Hp= Altura manométrica (27,37537 m)

ρ =Peso específico del agua (1000 kg/m3)

g= Aceleración de gravedad (9,8 m/s2)

Q= Caudal (0,0023 m3/s)

Reemplazando tenemos que:

$P_{bomba} =$ 27,37537 m * 1000 kg/m3 * 9,8 m2/seg * 0,0023 m3/seg

$P_{bomba} =$ 617,04 Nm/seg

$P_{bomba} =$ 0.61704 KW

EFICIENCIA MECANICA PRIMER CIRCUITO

Para determinar esta eficiencia, se sabe que el proveedor de la bomba estipula que el eje del motor, en acero inoxidable, entrega una potencia de 0,6 KW cuando se habla de un motor de tipo IE2 (Alta Eficiencia).

Por lo tanto:

Ef. Mecánica= $\frac{Potencia\ Transmitida\ al\ fluido}{Potencia\ entrada\ de\ la\ bomba} = \frac{P\ bomba}{Pe}$

Ef. Mecánica= 0,61704 kw / 0,75 kw = 0,82 = 82%

El valor de Eficiencia mecánica en las bombas no solo depende del diseño de estas, sino también de las condiciones en que operan, en particular de la carga total y del flujo volumétrico. Para las bombas utilizadas en sistemas hidráulicos, precisamente centrifugas, para transferir o hacer circular líquidos, la eficiencia va de 50% a 85%.

Por lo tanto la eficiencia calculada esta entre los rangos normales de trabajo.

Finalmente para la motobomba tenemos que:

- Potencia requerida para la bomba: 0,61704 kw
- Potencia de la bomba: 1,5 kw
- Eficiencia mecánica: 82 %

SISTEMA HIDRONEUMÁTICO PARA EL PRIMER CIRCUITO

Dada su versatilidad y eficiencia, los sistemas hidroneumáticos aseguran que la red hidráulica mantenga su presión de manera constante, mejorando el funcionamiento de los diferentes artefactos del circuito.

El hidroneumático, está formado por un depósito (tanque) de fierro, con una membrana de caucho que almacena el agua, al tanque se le inyecta aire a presión. Estos sistemas sirven para automatizar las bombas y controlan el número de partidas horarias de los motores eléctricos. Esto es muy importante cuando se bombean caudales variables; es el caso de los artefactos sanitarios.

Los motores eléctricos disipan calor, si tienen demasiadas partidas consecutivas, se recalientan. Cuanto más grande es el tamaño del hidroneumático menor son las partidas del motor de la bomba y este trabaja más frío.

PRESIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO.

Para que el sistema hidroneumático pueda funcionar con normalidad, es necesario determinar dos presiones distintas de trabajo.

PRESIÓN MÍNIMA

La presión mínima de operación (Pmin) del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida en la toma más desfavorable.

Por lo tanto se considera como la altura manométrica total del sistema.

HP_1= 27,37537 (m.c.a) = 2,68 (bar)

Para esta presión de trabajo, la bomba seleccionada entrega un caudal de 140 L/min ó 2,33 L/seg

PRESIÓN DIFERENCIAL Y PRESIÓN MAXIMA

Se asigna una presión de detención de la bomba, que debe ser un diferencial entre las presiones mínima y máxima del sistema. Se debe tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil. Para estos casos es recomendado que el diferencial de presión no sea inferior a 20 Psi (14 m.c.a.).

Se considerará una presión máxima, para la determinación de sistema hidroneumático igual a:

$$P_{max} = 41 \text{ (m.c.a)}$$

Para esta presión de trabajo, la bomba seleccionada CP660M entrega un caudal de 92,14 L/min ó 1,53 L/seg

VOLUMEN DE REGULACIÓN

Habiéndose determinado la curva característica de la bomba, la siguiente etapa es el cálculo del volumen de regulación (Vr), o cantidad de agua que debe acumularse dentro del tanque, que es función del caudal medio (Qm) de la bomba, y del números de partidas horarias que se le desee imprimir, para el consumo más desfavorable.

Mientras mayor sea la potencia del motor, el tiempo entre partidas será mayor.

La Tabla N° 008 sugiere una relación mínima entre T (tiempo) y la potencia del motor.

Tabla N° 008 Tabla Relación Entre Potencia y Partidas Horarias.

Tiempo (Minutos)	Potencia (HP)
1,2	0,5 - 3
1,5	3 - 5
2	5 - 7,5
3	7,5 - 15
4	15 - 30
6	> 30

Para motores de 0,5 a 3 HP de potencia, la tabla sugiere una relación de tiempo de 1,2 minutos.

- Calculando caudal medio (Qm)

  Qm = (Qa + Qb) / 2
  Qm = (140 + 92,14) / 2 = 116,07 L/min

- Calculando volumen de regulación (Vr)

  Vr = (Qm * T) /4
  Vr = (116,07 * 1,2) / 4= 34,821 L

Finalmente se calcula el volumen del tanque, que tendrá una relación directa con el volumen de regulación (Vr) resultante y la presión máxima de trabajo (Pmáx), y una relación inversa al rango elegido.

Por lo tanto:

VOL tanque = [Vr (Pmax +1)] / (Pmax - Pmin)

- Reemplazando tenemos que:

VOL tanque = [34,821 L (41 + 1)] / (41 - 14,40)

VOL tanque = [34,821 * 42] / 26,6

VOL tanque = 1462,482 / 26,6

VOL tanque = 54,98 L

Si aproximamos deberemos elegir un Volumen del tanque de 60 Litros

ELECCIÓN DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO

Como ya se hizo anteriormente, una vez obtenido el volumen que deberá tener el tanque, se debe corregir este volumen, para poder seleccionar uno de los estanques ofrecidos en el mercado.

En nuestro caso el volumen corregido será de 60 L

Figura 009: Catalogo Protecnica, Estanques Hidroneumáticos.

Finalmente para el estanque hidroneumático tenemos que:

- Modelo: Estanque Hidroneumático Horizontal 60L
- Capacidad: 600 Litros
- Presión máxima: 10 bar
- Conexión: 1”

ELECCIÓN DE LA BOMBA PARA EL SEGUNDO CIRCUITO

De manera similar a la utilizada para seleccionar la bomba del primer circuito, se hará para la determinación de la bomba más adecuada para el segundo circuito.

TIPO DE LÍQUIDO A BOMBEAR

El fluido a suministrar es el mismo que en el primer circuito, agua limpia, sin sólidos en suspensión, desde un depósito, por lo que es recomendado utilizar una bomba de tipo centrifuga de rodete.

CAUDAL REQUERIDO

Se determinó mediante cálculos, en el capítulo, que el caudal necesario que se deberá suministrar será de:

QMP= 160 L/min = 0,0027 m3/seg

PRESIÓN / ALTURA REQUERIDA

En el subcapítulo anterior, se determinó la altura manométrica, que se debería suministrar al sistema, siendo de:

$$HP_2 = 14{,}542 \text{ (m.c.a)} = 1{,}43 \text{ (bar)}$$

CLASE Y TIPO DE BOMBA

Para la red diseñada, la bomba a seleccionar deberá entregar el caudal, a la presión requerida, determinados anteriormente. Dado el tipo de fluido (agua sin sólidos), y los requerimientos de presión y caudal, el tipo de bomba más adecuada sería de tipo centrífuga de flujo radial. Para la elección de la bomba, se elige al fabricante PEDROLLO. Al revisar el catálogo de bombas, se selecciona la bomba "Al-RED", utilizada generalmente en el campo doméstico, agrícola e industrial. Todos los componentes que están en contacto con el agua son de acero inoxidable, garantizando una higiene total y una máxima resistencia a la corrosión.

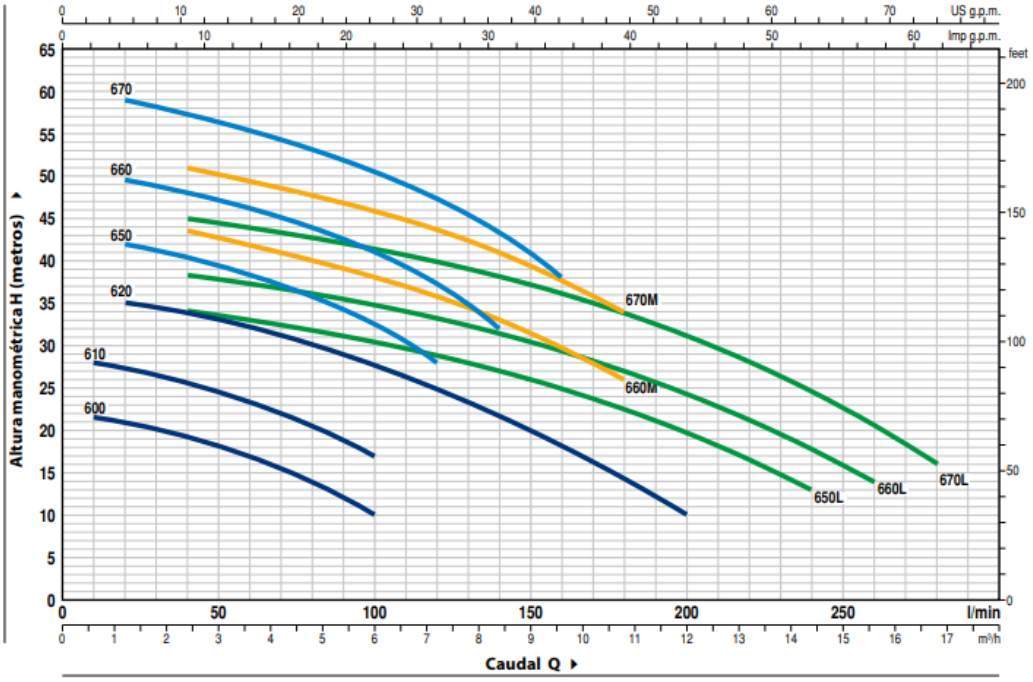
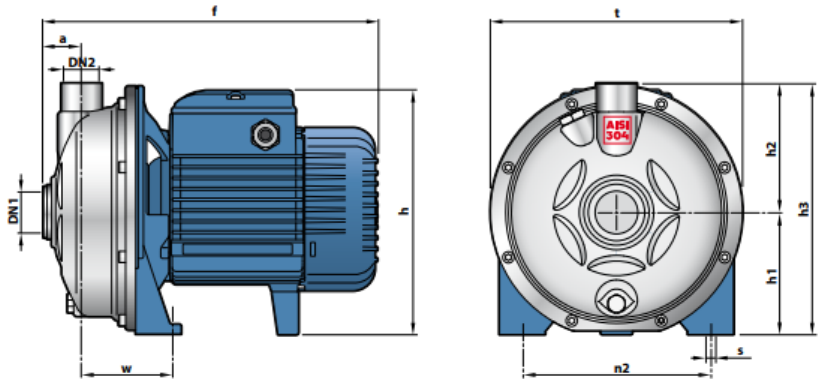


Tabla 010: Curva de funcionamiento bombas modelos AL-RED

DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	n2	t	w	s	1~	3~
AL-REDm 600-4	AL-RED 600-4	1¼"	1"	31.5	266	181	92	93.5	185.5	120	181	68.5	9	5.7	6.6
AL-REDm 610-4	AL-RED 610-4													7.2	7.2
AL-REDm 620-4	AL-RED 620-4			33.5	296	219 *	107	112	219	165	221	80.5	9.5	11.5	11.5
AL-REDm 650-4	AL-RED 650-4				370	251	120	117.5	237.5	180	244	86.5	11	14.6	14.6
AL-REDm 660-4	AL-RED 660-4													15.8	15.8
AL-REDm 670-4	AL-RED 670-4				370/390									17.6	19.6
AL-REDm 660M-4	AL-RED 660M-4													15.7	15.7
AL-REDm 670M-4	AL-RED 670M-4				370/390									17.5	19.4
AL-REDm 650L-4	AL-RED 650L-4				370									15.7	15.7
AL-REDm 660L-4	AL-RED 660L-4													15.7	15.7
AL-REDm 670L-4	AL-RED 670L-4				370/390									17.5	19.5

(*) **h=233 mm** para versión monofásica en 110 V ó 127 V

Tabla 011: Dimensiones y pesos de las bombas modelos AL-RED

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN		
Monofásica	220 V	110 V	127 V
AL-REDm 600-4	2.7 A	6.2 A	4.7 A
AL-REDm 610-4	4.2 A	8.5 A	7.3 A
AL-REDm 620-4	6.5 A	13.0 A	12.0 A
AL-REDm 650-4	7.8 A	15.6 A	13.5 A
AL-REDm 660-4	9.4 A	18.8 A	16.3 A
AL-REDm 670-4	12.8 A	25.6 A	22.2 A
AL-REDm 660M-4	9.8 A	19.6 A	17.0 A
AL-REDm 670M-4	12.2 A	24.4 A	21.1 A
AL-REDm 650L-4	9.0 A	18.0 A	15.6 A
AL-REDm 660L-4	10.5 A	21.0 A	18.2 A
AL-REDm 670L-4	13.5 A	27.0 A	23.4 A

MODELO	TENSIÓN			
Trifásica	220 V	380 V	220 V	440 V
AL-RED 600-4	2.4 A	1.4 A	2.0 A	1.2 A
AL-RED 610-4	2.8 A	1.6 A	2.3 A	1.3 A
AL-RED 620-4	6.0 A	3.5 A	4.2 A	2.5 A
AL-RED 650-4	6.6 A	3.8 A	5.5 A	3.2 A
AL-RED 660-4	7.5 A	4.3 A	6.0 A	3.5 A
AL-RED 670-4	8.8 A	5.1 A	7.0 A	4.0 A
AL-RED 660M-4	7.8 A	4.5 A	6.1 A	3.5 A
AL-RED 670M-4	8.3 A	4.8 A	8.1 A	4.2 A
AL-RED 650L-4	5.1 A	2.9 A	4.0 A	2.2 A
AL-RED 660L-4	6.0 A	3.5 A	4.5 A	2.6 A
AL-RED 670L-4	9.0 A	5.2 A	7.2 A	4.1 A

Tabla 012: Consumo de amperios de bombas modelos AL-RED

CALCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA SEGUNDO CIRCUITO

De la misma forma utilizada para determinar la potencia de la bomba del primer circuito, se determinará la potencia que la bomba entrega al fluido, mediante:

$P_{bomba} = HP * \rho * g * Q$

Dónde:

Hp= Altura manométrica (14,542 m)

ρ =Peso específico del agua (1000 kg/m3)

g= Aceleración de gravedad (9,8 m/s2)

Q= Caudal (0,0027 m3/s)

Reemplazando tenemos que:

$P_{bomba} =$ 14,542 m * 1000 kg/m3 * 9,8 m2/seg * 0,0027 m3/seg

$P_{bomba} =$ 384,781 Nm/seg

$P_{bomba} =$ 0.384781 KW

EFICIENCIA MECANICA DE LA BOMBA DEL SEGUNDO CIRCUITO

Para determinar esta eficiencia, se sabe que el proveedor de la bomba estipula que el eje del motor, en acero inoxidable AISI 304, entrega una potencia de 0,6 KW cuando se habla de un motor de tipo IE2 (Alta Eficiencia).

Por lo tanto:

Ef. Mecánica= $\frac{Potencia\ Transmitida\ al\ fluido}{Potencia\ entrada\ de\ la\ bomba} = \frac{P\ bomba}{Pe}$

Ef. Mecánica= 0,384781 kw / 0,75 kw = 0,51 = 51%

El valor de Eficiencia mecánica en las bombas no solo depende del diseño de estas, sino también de las condiciones en que operan, en particular de la carga total y del flujo volumétrico. Para las bombas utilizadas en sistemas hidráulicos, precisamente centrifugas, para transferir o hacer circular líquidos, la eficiencia va de 50% a 85%.

Por lo tanto la eficiencia calculada esta entre los rangos normales de trabajo.

Finalmente para la motobomba tenemos que:

- Potencia requerida para la bomba: 0,384781 kw
- Potencia de la bomba: 0,75 kw / 1 HP (Motor trifásico)
- Eficiencia mecánica: 51 %

CLORADOR DE AGUA

Como es necesario clorar el agua proveniente del pozo antes de su consumo, se instalaran cloradores de línea en las cañerías de PVC.

El dosificador de cloro en línea contiene en su interior un canastillo con una cápsula de hipoclorito cálcico HTH. A través del flujo del agua en la cañería a la salida del estanque, se disuelve la tableta de cloro, permitiendo la potabilización del agua en forma rápida y sencilla. Se recomienda para instalaciones domiciliarias, con un caudal a tratar de 160 [L/min] aprox. como máximo.

Las tabletas proporcionan de forma rápida una extraordinaria capacidad de destrucción bacteriana al mismo tiempo que inhiben su posterior desarrollo. Las tabletas han sido especialmente diseñadas para ser usadas en los cloradores siendo eficientes, seguras y económicas. Contienen al menos un 70% de cloro activo y son más seguras que cualquier otra forma de cloración puesto que no hay exposición a polvos, líquidos o gases peligrosos. Este sistema es práctico, de fácil uso, regula la entrega de cloro en ppm. Y no requiere energía eléctrica para su funcionamiento.

Se selecciona un clorador de agua en línea marca VALAC. El cual tiene como características:

Caudal a tratar: 140 L/Min

Diámetro de conexión: 50 mm

Clorador de agua en línea, Marca Valac

FLOTADOR ELÉCTRICO PARA ESTANQUE DE AGUA

La utilización de un flotador eléctrico o interruptor de nivel, tiene como función automatizar la bomba del segundo circuito, evitando que ésta funcione cuando no sea necesario, y que el estanque se desborde por exceso de agua. Al utilizar un flotador en el estanque se asegura una protección en la bomba, pues ésta solo se enciende cuando el estanque le falta agua y se apaga cunado el estanque está lleno.

El flotador es un producto de plástico, sellado herméticamente conocido también como sensor o controlador flotante de nivel, su diseño es muy práctico, al igual que su instalación, pues no requiere de mayores complicaciones para su colocación.

Se selecciona un flotador de nivel marca KOSLAN modelo MAC3, el cual posee 3 metros de largo y un voltaje de 220 v.

Interruptor de nivel KOSLAN MAC3

CAPÍTULO IV

REMOCION DE AGUAS RESIDUALES

Las obras de alcantarillado tienen como necesidad esencial el saneamiento del ambiente, mediante la evacuación de aguas residuales por medio de colectores, que dirigen las aguas grises y negras para ser depuradas.

La depuración de las aguas residuales es crucial para la salud pública, ya que elimina contaminantes químicos y biológicos, a fin de mantener condiciones adecuadas de salud e higiene de la población, conservar la calidad de las fuentes de agua e inclinarse a una utilización racional y sustentable de los recursos acuáticos.

Existen diversos métodos para la depuración de aguas residuales. En el presente proyecto se construirá un alcantarillado particular, excluyente del alcantarillado público. Además, se abordará un tratamiento de aguas residuales mediante tecnología no convencional. Por la condición de que solo se depurarán aguas residuales domésticas o aguas negras, de una población baja, las cuales proceden de actividades domésticas. Estas aguas residuales pueden contener; detritus, detergentes, aceites, microrganismos y materia orgánica.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MEDIANTE TECNOLOGIA NO CONVENCIONAL

Los caudales y calidades de las aguas residuales que se generan en las pequeñas aglomeraciones urbanas difieren notablemente de las que proceden de los grandes núcleos de población, como consecuencia del diferente grado de desarrollo económico y social.

Dado por la localización geografía y el grado de desarrollo que existe a los alrededores del recinto, se dificulta la provisión de los servicios de saneamiento y depuración. Por ello, para generar soluciones para el tratamiento de las aguas residuales para pequeñas comunidades, se elige optar por alternativas que tengan un gasto energético mínimo, requieran un mantenimiento simple, garanticen un funcionamiento eficaz y estable frente a las oscilaciones de caudal y carga que se presentan.

Las tecnologías de depuración de aguas residuales que reúnen estas características se conocen como “Tecnologías no convencionales”.

Este tipo de tecnologías requiere actuaciones de bajo impacto ambiental, logrando la reducción de la carga contaminante con costes de operación inferiores a los de los tratamientos convencionales y con unas necesidades de mantenimiento sin grandes dificultades técnicas, lo que permite la manipulación por personal no especializado.

Los procesos que intervienen en las tecnologías no convencionales incluyen a muchos de los que se aplican en los tratamientos convencionales (sedimentación, filtración, absorción, precipitación química, intercambio iónico, degradación biológica, etc.), junto con procesos propios de los tratamientos naturales (fotosíntesis, fotooxidación, asimilación por parte de las plantas, etc.), pero a diferencia de las tecnologías convencionales, en las que los procesos transcurren de forma secuencial en tanques y reactores, y a velocidades aceleradas (gracias al aporte de energía), en las tecnologías no convencionales se opera a "velocidad natural" (sin aporte de energía). El ahorro en energía se compensa con una mayor necesidad de superficie para tratar las aguas.

Dado por las condiciones reales, necesidades y por el rendimiento dentro de los diferentes sistemas de depuración de aguas residuales, se opta por utilizar el sistema de infiltración subterránea.

PARTES Y ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS

Es necesaria la instalación de distintos elementos para que el sistema de remoción de aguas residuales sea de manera óptima, evitando que alguna parte del sistema falle y no se logre de manera exitosa la evacuación y depuración de las aguas residuales. Para esto se detallan y/o calculan los distintos elementos y partes que se desean implementar.

CAMARA DESGRASADORA

Esta cámara cumple la función de retener grasas y jabones de las aguas grises que se dirijan a la fosa séptica, con el único objetivo de impedir su paso al sistema de drenaje, ya que estas lo podrían sellar o impermeabilizar las perforaciones de la tubería de drenaje y se taparán con grasas y jabones, impidiendo así que las aguas lleguen y se filtren a la tierra, por consiguiente se llenará de agua, y todo el sistema se rebasará. Generando de este modo un nulo o un mal funcionamiento.

CAMARA DE INSPECIÓN

Esta cámara cumple la función, como su nombre lo dice de inspeccionar, permite revisar que las aguas estén fluyendo sin problemas hacia la fosa, ésta es solo una cámara de paso no acumula ningún tipo de agua.

FOSA SÉPTICA

En lugares donde no exista alcantarillado, la fosa séptica es indispensable, además de ser obligatoria, por la naturaleza de los desechos orgánicos que no deben ser evacuados directamente al subsuelo, la fosa séptica es un dispositivo de tratamiento, cuya finalidad es separar y depurar las materias sólidas, para así degradar biológicamente los desechos orgánicos.

El sistema séptico consiste en la descomposición de los sólidos que llevan las aguas servidas mediante procesos bacterianos, permitiendo acondicionar estas aguas para que puedan ser infiltradas al subsuelo.

Ahora se deberá calcular el volumen real que se necesitara de fosa séptica para todas las viviendas, para determinar el volumen utilizaremos las siguientes ecuaciones.

$$V_{fosa} = N\,(D_{agua} * T + 100 * N * L_f)$$

Dónde:

V_{fosa} = Volumen total de la fosa, en litros

N = Número de habitantes servidos (17 personas)

D_{agua} = Dotación de aguas servidas, en litros por habitante en un día

T = Periodo de retención

L_f = Contribución de lodos frescos

La contribución de lodos frescos se obtiene de la ecuación

$$L_f = 1{,}8 * 10^{-3} * D_{agua}$$

$$= 1{,}8 * 10^{-3} * 120$$

$$= 0{,}216$$

Se estima una dotación (D_{agua}) de 120 lt/hab/día ya que catalogaremos las viviendas como “Casas populares rurales”

Determinación del Q_f

$$Q_f = N * D_{agua}$$

Reemplazando tenemos que

$Q_f = N * D_{agua} = 17 * 120 = 2040$ L/día

Al calcular el caudal afluente de la fosa séptica (Qf) podemos entrar a la tabla N° 013 para determinar el periodo de retención (T) que tendrán las aguas en la fosa séptica.

$$V_{fosa} = N\ (D_{agua} * T + 100 * N * L_f)$$

$$= 17\ (120*1 + 100*17*0{,}216)$$

$$V_{fosa} = 8282{,}4 \text{ Litros} = 8{,}28\ m^3$$

CAUDAL Q (lts/día)	PERÍODO DE RETENCIÓN T (días)
< ó = 6000	1.00
6000 – 7000	0.88
7000 – 8000	0.80
8000 – 9000	0.75
9000 – 10000	0.70
10000 – 11000	0.66
11000 – 12000	0.62
12000 – 13000	0.58
13000 – 14000	0.54
> 14000	0.50

Tabla 013: Caudal Q [l/día] y período de retención en [día] para instalaciones domiciliarias de Agua Potable- Valores referenciales (Fuente: Manual de diseño de sistemas tradicionales de alcantarillado particular, Patricio Alejandro Pacheco Castro, Ingeniero Constructor UCM)

TIPO DE EDIFICIO	UNIDAD	DOTACIÓN	CONTRIBUCIÓN DE LODOS (Lf)
Ocupantes permanentes			
Hospitales	lt/lecho/día	250	0,4500
Departamentos	lt/hab/día	150	0,2700
Residentes	lt/hab/día	150	0,2700
Escuelas (Internados)	lt/hab/día	150	0,2700
Casas populares rurales	lt/hab/día	120	0,2160
Hoteles (sin incluir cocina y lavanderia)	lt/hab/día	120	0,2160
Alojamientos provisorios	lt/hab/día	80	0,1440
Ocupantes transitorios			
Fabrica (solo desechos domesticos)	lt/operario/día	70	0,1260
Escuelas	lt/hab/día	50	0,0900
Edificios públicos y comerciales	lt/hab/día	50	0,0900
Restaurantes	lt/colación/día	25	0,0450
Cines y teatros	lt/butaca/día	2	0,0036

Tabla 014: Dotaciones y contribución de lodos para instalaciones domiciliarias de Agua Potable–Valores referenciales (Fuente: Manual de diseño de sistemas tradicionales de alcantarillado particular, Patricio Alejandro Pacheco Castro, Ingeniero Constructor UCM)

Una vez obtenido el volumen de la fosa que se necesita construir, se procede a determinar las dimensiones de esta.

Se recomienda como límite de profundidad máxima de 2,50 m, por razones constructivas y de operación en la extracción del lodo; y una profundidad mínima de 1,00 m, para que permita una buena operación de la fosa.

El dimensionamiento de la fosa viene dado por:

$$V_f = a * l * h$$

La relación más conveniente de largo (l) y ancho (a) para la fosa es 2:1, vale decir:

$$L = 2 * a$$

Reemplazando se obtiene que:

$$V_f = a * (2 * a) * h$$

Despejando, tenemos que:

$$V_f = 3a * h$$

$$a = Vf / 3h$$

Dónde:

a = Ancho interior de la fosa [m]

l = Largo interior de la fosa [m]

h = Profundidad útil interior de la fosa [m]

CAUDAL Q (lts/día)	h (metros)
< ó =750	1.00
750 – 2250	1.20
2250 – 3000	1.40
3000 – 4500	1.75
4500 – 6000	2.10
6000 – 7000	2.50
> 7000	2.54

Tabla 015: Relación Caudal-Profundidad de la Fosa

Calculando tenemos que:

a = 8.28 m^3 / 3*1,2
a = 2,3 metros

Ajustando los valores a números enteros más próximos tenemos que:

A: 2, 3 metros
L: 4,6 metros
H: 1,2 metros

Finalmente el volumen de la fosa será:

$$V_f = 2{,}3 \text{ m} * 4{,}6 \text{ m} * 1{,}2 \text{ m}$$

$$= 12{,}696 \text{ m3}$$

Se debe adicionar (sumar) al valor de "h" 0,25 a 0,40 (m) los que corresponden al colchón de aire que este debe tener la fosa. En este caso se le adicionará 0,30 (m) por lo que el valor de "h" corregido será de 1,5 (m).

Dado que el valor obtenido del volumen de la fosa es levemente mayor al calculado antes, cumple las condiciones requeridas.

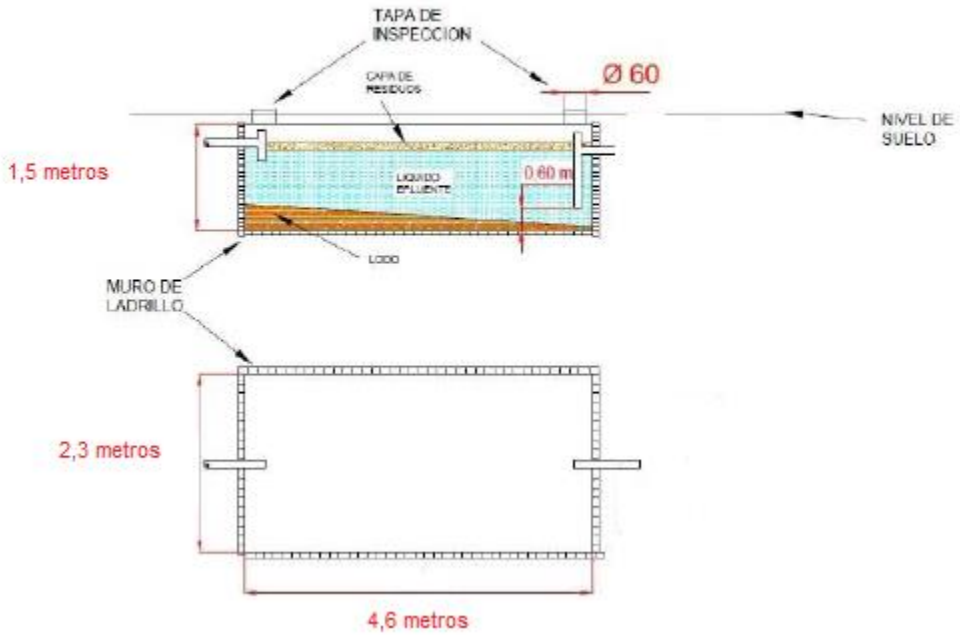


Imagen referencial de la fosa séptica.

VENTILACIÓN

La fosa séptica debe tener una ventilación, que permita evacuar los gases originados por la degradación de las materias orgánicas. Preferentemente, se opta por que tenga una salida sobre el nivel del techo. Una ventilación puede realizarse distintos lugares, descarga de W.C, cámara de registro, fosa séptica, terminal de drenes, etc. Se recomienda evitar muchos codos y tubería muy larga, para facilitar la extracción de los gases.

CAMARA DISTRIBUIDORA

Esta cámara tiene como función distribuir en forma homogénea, o de igual forma las aguas hacia la tubería de drenaje para que se infiltren en la tierra de manera uniforme.

TUBERIA DE DRENAJE

Esta tubería cumple la función de trasladar las aguas e infiltrarla en la tierra mediante una serie de perforaciones que contiene a través de todo su largo, por esas perforaciones el agua va cayendo hacia la tierra y así terminando el ciclo del sistema. La tubería de drenaje puede tener como máximo 30 (m), por lo que se aconseja dividir en 2 o 3 tuberías, y un mínimo de 1,8 (m) de distancia entre tuberías de drenaje, para optimizar el terreno de infiltración. Para que el terreno tenga una óptima absorción de las aguas, es necesario que la tubería de drenaje sea enterrada en una zanja a una distancia de 0,2 (m) de la superficie, cubriéndola con material de relleno (este puede ser escombro, piedras, graba, etc.), sobre el material de relleno deberá ir una malla (80% de cobertura) para evitar que la tierra se mescle con el material de relleno. De esta manera la flora bacteriana que crece sobre el material de relleno, absorbe y se alimenta de las sustancias disuelta en el agua. Después de atravesar 1,20 (m) del suelo, el tratamiento del agua residual se ha completado y se incorpora purificada al agua subterránea.

Se especifica que las tuberías de drenajes y sus accesorios sean de PVC con un diámetro de 110 mm.

TERRENO DE INFILTRACIÓN

El agua residual que sale de la cámara séptica pasa y se distribuye por el terreno de infiltración. Este consiste en una red de tubos perforados, colocados en zanjas rellenas con material poroso (que puede ser grava, escombro o piedra partida) y tapadas con tierra. El agua sale por las perforaciones de los tubos y pasa a través del material de relleno donde colonias de microorganismos absorben y digieren los contaminantes. Finalmente llega al fondo de las zanjas y penetra en el suelo. Cada terreno tiene una absorción particular, por lo que se debe efectuar un ensayo de absorción para determinar cuántos litros puede absorber un metro cuadrado en un día.

Para poder calcular el sistema de drenaje, el cual dependerá del índice de absorción del terreno de infiltración utilizaremos la siguiente fórmula:

$$L = (N * D) / (A * K_5)$$

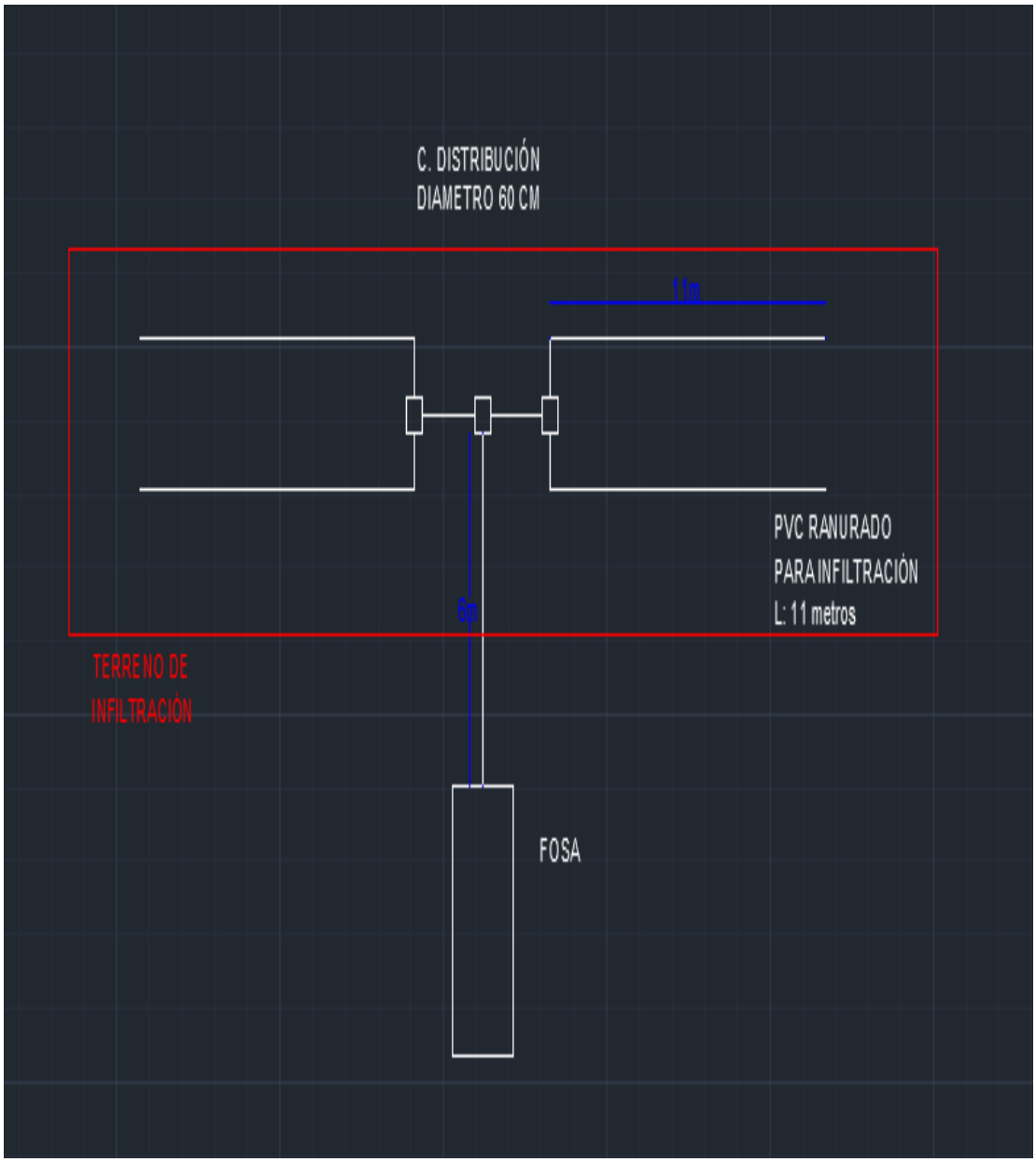
Donde:

L: Largo de la zanja (m)
N: N° de habitantes servidos (17 personas)
Dagua: Dotación (L/hab/día)
A: Ancho de la zanja
K5: Índice de absorción del terreno

Dado que se necesita hacer un ensayo de absorción en el terreno que se desea infiltrar, tomaremos un valor de referencia, el cual será de K5= 70 L/m2/día.
El ancho de la zanja debe estar entre los parámetros de 0,7 a 1 metros.

L = (17 * 120) / (0,7 * 70) = 41,63 metros = 42 metros.

La zanja y las tuberías de drenaje será dividido en 2 secciones de 2 ramales cada una, con el fin de que para optimizar la superficie del terreno. Cada rama tendrá una longitud de 10,5 (m). Se esquematiza en la siguiente figura.



Terreno de Infiltración y Tuberías de Drenaje

DISEÑO DE LA RED DE REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Una vez determinada las partes y diferentes elementos que compondrán la red de remoción de aguas residuales, se pude diseñar, determinar el tamaño de la red y donde estará ubicado cada elemento.

Se debe tener en cuenta que a la salida de las casas las aguas grises (duchas, lavatorios, lavaplatos, etc.) deben ser tratadas por una cámara desgrasadora, no así las aguas negras, que solo van directo a la fosa séptica.

El dimensionamiento de la red de alcantarillado, diámetro y pendiente de tuberías que transportan materias fecales y grasas, se efectuará a partir de la determinación de las UEH (Unidades de Equivalencia Hidráulica) de los diferentes artefactos conectados a la red. Este diseño se basa según las recomendaciones del Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA), en donde los diámetros de la red de alcantarillado se fijan según las Tablas N° 016 Y 017

Para poder determinar el diámetro más adecuado, es necesario contabilizar el total de los artefactos instalados en cada casa, considerando que su utilización corresponderá a la clase 1.

Las tuberías de remoción de aguas residuales están sujetas a la presión atmosférica, o por lo menos un punto de su área hidráulica.

Estas tuberías presentan una superficie libre, en contacto con el aire, de no suceder esto, el flujo no existiría, atascándose el agua en la cañería.

Por medio de la tabla N° 018 se calcularon las equivalencias hidráulicas para cada casa, según los artefactos instalados.

UNIDADES DE EQUIVALENCIA HIDRAULICA (UEH) Y DIAMETRO DE LA DESCARGA PARA CADA ARTEFACTO SEGÚN SU USO

ARTEFACTOS	CLASE	DIAMETRO MINIMO DE DESCARGA (mm)	U E H
INODORO	1	100	3
INODORO	2	100	5
INODORO	3	100	6
LAVATORIO	1	38	1
LAVATORIO	2-3	38	2
BAÑO TINA	1	50	3
BAÑO TINA	2-3	50	4
BAÑO LLUVIA	1	50	2
BAÑO LLUVIA MULTIPLE / ml	2-3	50	6
BIDET	1	50	1
BIDET	2-3	50	2
URINARIO	2-3	38	1
URINARIO PEDESTAL	2-3	75	3
URINARIO CON TUBERIA PERFORADA / ml	2-3	75	5
LAVAPLATOS CON O SIN LAVAVAJILLAS	1-2	50	3
LAVAPLATOS RESTAURANTES	3	75	8
LAVACOPAS	1	50	3
LAVACOPAS	2-3	75	6
LAVADEROS CON O SIN LAVADORAS	1	50	3
LAVADEROS CON MAQUINAS LAVADORAS	2-3	75	6
PILETA CON BOTAGUA	1-2-3	50	3

NOTAS

- Clase 1 se aplicará a artefactos de viviendas unifamiliares, departamentos, privados de hoteles, privados de oficinas.
- Clase 2 se aplicará en servicios comunes de oficinas, fábricas y residenciales.
- Clase 3 se aplicará en servicios de escuelas, hoteles, edificios públicos, teatros, aeropuertos, estadios, terminales de trenes y buses, restaurantes.
- El diámetro mínimo de descarga y las UEH de los artefactos que no figuran en esta lista, deberán calcularse a base de las características propias del artefacto y las especificaciones del fabricante.

Tabla 016: Anexo N° 5 RIDDA

CAPACIDAD DE TUBERIAS HORIZONTALES

Diámetro de la tubería [mm]	Máximo de unidades de equivalencia hidráulicas instaladas			
	Tuberías Principales			
	i = 1%	i = 2%	i = 3%	i = 4%
75	90	125	150	180
100	450	630	780	900
125	850	1.200	1.430	1.700
150	1.350	1.900	2.300	2.700
175	2.100	2.900	3.500	4.150
200	2.800	3.900	4.750	5.600
250	4.900	6.800	8.300	9.800
300	8.000	11.200	13.600	16.800
Tuberías Secundarias				
	i = 1%	i = 2%	i = 3%	i = 4%
32	1	2	3	3
38	3	5	6	7
50	6	21	23	26
75	36	42	47	50
100	180	216	230	250
125	400	480	520	560
150	600	790	870	940
175	1.130	1.350	1.470	1.580
200	1.600	1.920	2.080	2.240
250	2.700	3.240	3.520	3.780
300	4.200	5.000	5.500	6.000

Tabla 017: Anexo 6-B RIDDA

N° CASA	ARTEFACTO	CANTIDAD	UEH	UEH TOTAL	UEH TOTAL VIVIENDA
1	INODORO	1	3	3	13
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO TINA	1	3	3	
	LAVATORIO	1	1	1	
2	INODORO	2	3	6	16
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO LLUVIA	1	2	2	
	LAVATORIO	2	1	2	
3	INODORO	1	3	3	12
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO LLUVIA	1	2	2	
	LAVATORIO	1	1	1	
4	INODORO	1	3	3	13
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO TINA	1	3	3	
	LAVATORIO	1	1	1	
5	INODORO	1	3	3	12
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO LLUVIA	1	2	2	
	LAVATORIO	1	1	1	
6	INODORO	1	3	3	12
	LAVAPLATOS	1	3	3	
	LAVADERO	1	3	3	
	BAÑO LLUVIA	1	2	2	
	LAVATORIO	1	1	1	
TOTAL					78

Tabla 018: Artefactos y unidad de equivalencia hidráulica total.

Para el caso de las viviendas, se estimó una UEH total de que varía entre 12 y 16. Dado que se recomienda una pendiente de 3% mínimo, y un diámetro de descarga de 100 [mm] mínimo, de la tabla N° 017 para tuberías segundarias de 100 [mm] y una pendiente de 3% se tiene una UEH máxima de 230, por lo que satisface las necesidades de remoción. Por lo tanto para el tramo que va desde cada casa hasta la primera cámara de inspección será de tubería de PVC Sanitario Gris, diámetro de 110 [mm].

Para los pequeños tramos que une la primera cámara de inspección, hasta la cámara de inspección en el colector principal, se determina una tubería de PVC
Sanitario Gris de 110 [mm], con una pendiente de 4%.

En el caso del colector principal, se necesitará una tubería con una UEH de 78, por lo que se selecciona una tubería de PVC Colector de 100 [mm], el cual tendrá una pendiente de 1%.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE COSTOS

Una vez determinado los diseños de las redes de abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales y sus distintos componentes en los capítulos anteriores, se está en condiciones de poder determinar los costos que conllevarán la instalación del sistema. Este análisis será realizado en virtud del costo que implica los distintos elementos del sistema, además de la mano de obra necesaria para la instalación y puesta en marcha del sistema.

COSTO DE MATERIALES

Ya diseñada las 2 redes (abastecimiento y remoción), se confeccionó un listado con todos los materiales y las cantidades de estos que se necesitarán.

Luego se indago acerca de los valores de los materiales de construcción para las obras hidráulicas y sanitarias proyectadas.

MATERIAL Y/O EQUIPO	CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PRIMER CIRCUITO				
Estanque de acopio	1	3000 litros	$ 224,429	$ 224,429
Unión estanque	1	Sol-He 50x1-1/2"	$ 5,735	$ 5,735
Terminal	1	Sol-Hi 50x1-1/2"	$ 913	$ 913
Codo PVC	6	90x50 mm	$ 612	$ 3,672
Unión americana	2	50 mm	$ 2,670	$ 5,340
Terminal	2	Sol-He 50x1-1/4"	$ 1,020	$ 2,040
Tee PVC	10	50 mm	$ 963	$ 9,630
Bomba para impulsión	1	2 HP-Trifásica	$ 387,990	$ 387,990
Equipo Hidroneumático	1	60 Litros	$ 144,407	$ 144,407
Manometro	1	-	$ 2,592	$ 2,592
Switch de presión	1	-	$ 10,746	$ 10,746
TUBERIA PVC	71	50 mm	$ 1,820	$ 129,220
Clorador	1	-	$ 75,792	$ 75,792
Interruptor de nivel	1	-	$ 13,915	$ 13,915
SEGUNDO CIRCUITO				
TUBERIA PVC	24	50 mm	$ 1,820	$ 43,680
Unión estanque	1	Sol-He 50x1-1/2"	$ 5,735	$ 5,735
Codo PVC	3	90x50 mm	$ 612	$ 1,836
Terminal	1	Sol-He 50x1-1/2"	$ 913	$ 913
Unión americana	2	50 mm	$ 2,670	$ 5,340
Terminal	2	Sol-He 50x1-1/4"	$ 1,020	$ 2,040
Bomba para aducción	1	2 HP-Trifásica	$ 419,731	$ 419,731
Válvula check (Retención)	1	-	$ 3,362	$ 3,362
AGUAS RESIDUALES				
Tuberia sanitaria gris	104	110 mm	$ 2,970	$ 308,880
Tee PVC	2	110 mm	$ 4,590	$ 9,180
Camara inspección domiciliaria	6	Polietileno 100 litros	$ 54,790	$ 328,740
Camara desgrasadora	6	Polietileno 170 litros	$ 56,990	$ 341,940
Camara distribución	3	Polietileno 170 litros	$ 46,469	$ 139,407
Modulo prefabricado	4	600x0,6m	$ 18,703	$ 74,812
Cubierta redonda	2	600mm	$ 11,640	$ 23,280
Ladrillos	1000	29x14x5	$ 365	$ 365,000
Arena	2	m3	$ 9,500	$ 19,000
Cemento corriente	32	sacos	$ 4,220	$ 135,040
Gavilla	1	m3	$ 9,850	$ 9,850
Bolón	20	m3	$ 18,000	$ 360,000
Geotextil (Rollo)	4	10x1m	$ 12,490	$ 49,960
TOTAL				$ 3,664,147

Tabla 019: Lista de materiales.

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

El montaje corresponde a la inversión que se realiza cuando se hacen las instalaciones de los equipos, la unión de los distintos elementos y materiales que dan forma a red de abastecimiento y de remoción. Además de su puesta en marcha, que se refiere a dejar el sistema en perfecto funcionamiento.

COSTO MANO DE OBRA

La jornada laboral consta de 8 horas diarias de trabajo y se estipula que el montaje y la puesta en marcha se hagan en 3 semanas, que equivalen a 15 días laborales. Por lo que el costo total de la mano de obra seria:

Costo mano de obra:

- 2 Maestros Gasfíter 4500 $/hora
- 2 Ayudantes 2500 $/hora

Costo total de mano de obra: 1.680.000

COSTOS ADICIONALES

En los costos adicionales contemplaremos el arriendo por 2 dias de una retroexcavadora, además se debe tener en cuenta que es necesaria la instalación de un tablero eléctrico, el cual tendrá la función de controlar las bombas y su sistema de protección. Además de su circuito eléctrico, considerando los materiales y mano de obra, se debe contar con mano de obra calificada para esta tarea.

También se considerará una caseta donde irán puestas las bombas, para protegerlas de la intemperie y evitar ruidos molestos al momento que entren en funcionamiento.

ITEM	COSTO M.O	COSTO MATERIALES	COSTO TOTAL
Arriendo retroexcavadora	$ 288,000	$ -	$ 288,000
Tablero eléctrico	$ 80,000	$ 150,000	$ 230,000
Caseta de bombas	$ 150,000	$ 230,000	$ 380,000
TOTAL			$ 898,000

Tabla 020: Cuadro de gastos adicionales.

Estimado los distintos gastos que se deberán efectuar para poder llevar acabo el sistema, se puede estimar un valor total que costará el llevar a cabo la construcción de los circuitos de abastecimiento y remoción de aguas residuales.

Resumiendo tenemos que:

ITEM	COSTO
MATERIALES Y/O EQUIPOS	$ 3,664,147
MANO DE OBRA	$ 1,680,000
COSTOS ADICIONALES	$ 898,000
	$ 6,242,147

Tabla 021: Cuadro resumen de costos.

De esta manera, se calcula que el costo total de implementación de los sistemas de abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales asciende a $ 6.242.147.-

CONCLUSIONES

Tras efectuar el presente Seminario, se está en condiciones de poder dar una respuesta a los diferentes objetivos planteados en un comienzo de este estudio.

Primeramente, el "Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para familias de un sector rural", ha promovido el interés del autor en profundizar sobre el rubro.

De este modo, queda una gran satisfacción, por el hecho de haber incursionado en áreas que desconocía, como es el caso de la Ingeniería Sanitaria y tratamientos de aguas residuales. Teniendo la posibilidad de proponer la mejor opción para el proyecto.

El diseño efectuado para el sistema de abastecimiento de agua tomó en consideración los elementos existentes como el punto de captación, tratando de sacar el máximo provecho y poder distribuir de mejor manera el fluido.

El sistema de impulsión de agua que se propone incluye, un circuito desde el estanque en altura compuesto por un sistema hidroneumático, formado por una bomba "CP660M", tanque presurizado de 60 [L], clorador de línea y conductos de PVC (50 mm).

Además de un circuito desde el pozo hasta el estanque de almacenamiento de agua, compuesto por; una bomba "AL-RED", y conductos de PVC (50 mm). Sin embargo, cabe señalar que se pueden producir algunos cambios; como es el caso del estanque en altura, se puede suprimir la torre y dejar a nivel de suelo (ya que se utilizarán bombas para la impulsión del agua) e incluso enterrado, con el fin de optimizar los espacios, evitando de esta manera posibles riesgo de tener un estanque en altura. Al realizar estos cambios, se especula que algunos equipos seleccionados para este circuito puedan cambiar, aunque no se espera una gran variación en cuanto a los costos.

En cuanto al sistema de remoción de aguas residuales, se puede decir que es un sistema muy completo y se espera que tenga un funcionamiento óptimo.

Sin embargo, su costo de implementación puede cambiar, dado que es necesario realizar un análisis de absorción en el lugar (para determinar el tamaño de las zanjas de drenes). Para este caso se tomó un valor referencial, por lo que se espera que las zanjas de drenes sean más pequeñas una vez realizado el análisis de absorción, teniendo un menor costo en cuanto a materiales y montaje.

Cabe destacar, que se debe tener en consideración efectuar distintos análisis una vez que el sistema esté en funcionamiento. Como es el caso del agua que se abastece a las viviendas, pudiendo no ser apta para su consumo, por lo que se recomienda un análisis microbiológico. Por otra parte, se aconseja realizar un análisis a las aguas que se infiltrarán a la tierra, cuidando que no sean del todo dañinas para el suelo y las napas. Si estos análisis arrojan un resultado negativo, quiere decir que el sistema no está funcionando en óptimas condiciones, ya sea por un defecto en algún equipo o condiciones desfavorables del sistema, siendo necesario efectuar ajustes para tener un óptimo funcionamiento.

Es importante mencionar que el costo total de la propuesta es de $6.242.147, el que incluye; circuito de abastecimiento de agua, desde el pozo hacia los puntos de consumo, con los conductos, fittings, equipos (sistema hidroneumático, bombas, clorador de línea, etc.). Sistema de remoción de aguas residuales, contemplando todos sus elementos (Cámaras de inspección, desgrasadora, distribución, además de colectores y drenes). Montaje y puesta en marcha de los distintos sistemas y circuitos, además del costo de materiales, mano de obra y costos adicionales.

Finalmente, el autor estima que se han cumplido los objetivos planteados.