

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**REMODELACION Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA  
CIUDAD DE SAN RAFAEL**

**T E S I S**

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Sanitario

**VICTOR MANUEL JESSEN ESCOBAR**

Lima - Perú  
1985

## INTRODUCCION

El objeto fundamental que me conduce a realizar la presente Tesis, consiste en aportar a la sociedad un grano de arena dentro del problema que afronta el país con respecto al abastecimiento de agua potable, dotando a la ciudad de San Rafael de un servicio de agua que cumpla con los requerimientos de salubridad.

En este sentido me identifico y hago mía la preocupación que tiene la Dirección de Saneamiento Rural del Ministerio de Salud y SENAPA, del Ministerio de Vivienda, quienes reciben la colaboración de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, aunando esfuerzos para hacer posible la ejecución de uno de los múltiples proyectos a los que están abocados dichas dependencias.

Deseo que el presente trabajo aligere y facilite la realización del Proyecto de Remodelación y Ampliación del Sistema de Abastecimiento de Agua para la ciudad de San Rafael.

## CAPITULO I

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. BREVE RESEÑA HISTORICA.

El asentamiento poblacional del distrito de San Rafael, tiene origen en el año 1811, en que el español Blasco Nuñez de Varela se estableció en el lugar denominado Batán con la finalidad de explotar los grandes yacimientos de carbón mineral que en esa época existían.

Es así como luego de construir las instalaciones necesarias, se dedicó a la explotación de las siguientes minas : Mina de Aucanga (San Rafael), Auquipunta (Rondos), y Punco (Anay).

Estableció su centro de operación para el refinamiento del refinado mineral en el barrio de Batán (San Rafael), donde tenía un campamento de esclavos para el trabajo.

Estos campamentos se construyeron en los alrededores de lo que hoy es la iglesia, cuyo terreno fue cedido por los nietos de Blasco Nuñez al Monseñor Sardinas en el año 1901.

Posteriormente con la independencia del Perú, este español tuvo que retirarse, pasando los campamentos y terrenos a poder de los trabajadores, quienes con el transcurrir de los años crearon la comunidad de San Rafael, compuesta por los pueblos de Chacatana, Conchas, Matihuaca, Chacos, Rondos, etc.

El pueblo de San Rafael se encuentra sectorizado por los si--

güientes barrios : Arriba, Abajo, Callancas, Soledad, Batán y Pomabamba.

1.2. ASPECTO GEOGRAFICO.

1.2.1. Situación.-

El distrito de San Rafael se encuentra situado al sur-este de la provincia de Ambo, en el departamento de Huánuco, en la región Centro Oriental del país, a 2,600 mts. sobre el nivel del mar, en la latitud de 10°18' y longitud 76°07' del meridiano de Greenwich.

1.2.2. Límites.-

Norte : con el distrito de Ambo.  
Sur : con el distrito de Huariaca.  
Este : con la provincia de Pachitea.  
Oeste : Con los distritos de Mosca y Huacar.

1.2.3. Superficie.-

El distrito de San Rafael abarca una extensión de 450 km<sup>2</sup>., - contando con los siguientes caseríos : Ayancocha Alta, Ayancocha Baja, Ocucalla, Querojamanan, Santa Ana, San Joaquín, Corralcancha, Alcas Chiric, Maray, Acobamba, Carampayoc, Cañachacra, Matihuaca, Chacos, Izcosamín, Sauna, Iscorrumi, Churacán, Tecte, Rondos, Huayapag, Cashayog, Huancabamba, Chacatama, Pacarpán, Cochacalla, Tirococha y Conchas.

1.2.4. Altura.-

La localidad de San Rafael está situada a 2,600 m.s.n.m., pero en algunas de sus comunidades como Cañachacra y Carampayoc la altitud llega hasta los 3,500 m.s.n.m.

1.2.5. Clima.-

En los pueblos de la altura impera el clima frígido, con alternancias de épocas de calor y lluvia. En la localidad de San Rafael predomina el clima templado, con épocas de calor y lluvia, este último especialmente en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, apareciendo en forma esporádica en los otros meses.

1.2.6. Temperatura.-

Posee una temperatura máxima de 25° a 26°C en tiempo de verano, pero en las noches y en tiempo de invierno, la temperatura baja hasta 03°C, observándose una variación brusca y constante, lo cual afecta la salud de los habitantes y trae como consecuencia la alta incidencia de enfermedades del tracto respiratorio.

1.2.7. Orografia.-

Comprende un territorio montañoso, con grandes y pequeñas quebradas, presentando un aspecto de encañada, formado por la confluencia del río Huallaga, delimitada por las quebradas de Pomabamba y Batán, las mismas que en sus riberas se elevan en cerros de fácil descenso aluviónico en épocas de invierno.

Sus tierras forman parte de la cordillera Oriental, más conocida como Cordillera Azul, en su lado Este hasta la selva y por el lado Oeste con las estribaciones de la Cordillera Central.

San Rafael se asienta en una faja de terreno, producto de la erosión de las aguas, principalmente del río Huallaga, que con el correr del tiempo ha profundizado su cauce al centro de la quebrada, dejando a ambas márgenes extensiones de terreno que han sido utilizadas en la construcción de viviendas y poblados.

También presenta picos

- El Tapu, en el cerro de Sarca, en Alcas.
- El Charca, en la cordillera Azul, en Alcas.

#### 1.2.8. Hidrografía.-

La localidad se encuentra atravesada por el río Huallaga de norte a sur, desde Salcachupán hasta donde desemboca el río Blanco; además, está regada por innumerables riachuelos que desembocan en el río Huallaga, entre ellos tenemos : el Pomabamba, Batán, Independencia, Molina, Cañachacra, Blanco y Huarichaca en la cordillera Oriental, asimismo, existen las lagunas siguientes : Talenga, Chuncán, Chachacocha, Huascacocha, Colni y Vargo, todas en la Cordillera Azul.

#### 1.3. ASPECTO ECONOMICO.

La actividad comercial se basa en la comercialización de los productos agrícolas como la papa, que se vende al por mayor a

otras provincias y departamentos, asimismo, del ganado que se cría en poca escala en las cooperativas agrícolas y ganaderas y los derivados de la leche, como el queso, también se comercializan los minerales que se extraen de las pequeñas minas y que son vendidos generalmente en Cerro de Pasco.

#### 1.3.1. Extracción.-

En su territorio nuclear no se realiza, pero sí en sus caseríos, se extraen diferentes minerales tales como

- Carbón en Chacatama.
- Cobre en Alcas.
- Cobre, Plomo y Plata en Malpaso.

Son pequeños yacimientos explotados por agrupaciones de trabajadores, que extraen el mineral en pequeña cantidad y lo venden en Cerro de Pasco, lo cual significa un aporte económico para ellos.

#### 1.3.2. Agricultura.-

No posee terrenos de cultivos, ni haciendas en el área nuclear pero sí en sus comunidades los pobladores poseen parcelas de terrenos, de allí que la agricultura es la actividad económica primaria y se desarrolla de acuerdo a los medios tradicionales de cultivo, no utilizando todavía ninguna clase de equipos mecánicos modernos como tractores, fumigadores, etc. Se practica por el sistema de rotación de la tierra.

#### 1.3.3. Ganadería.-

Tampoco se cuenta con explotación ganadera de importancia, se cría solamente en pequeñas escalas el ganado vacuno, ovino, caballar, caprino, así como auquénidos (llamas) y otros.

Existe una cooperativa agraria de producción denominada "Alcas Chiric" que se dedica a la explotación de ganado vacuno, pero no en cantidad considerable por encontrarse en reciente formación, sobre las ex-haciendas de Alcas, Chiric y Acobamba. Esta cooperativa elabora queso, siendo vendido en diferentes lugares de la región, lo cual contribuye a aumentar los ingresos económicos para la cooperativa en bien de sus asociados.

#### 1.3.4. Industrias.-

No cuenta con ninguna clase de industria, debido a que el fluido eléctrico es muy deficiente.

#### 1.3.5. Artesanía.-

Existen carpinteros que fabrican muebles para el hogar y oficina, como medio de sustento para su vida.

#### 1.3.6. Trabajo.-

En cuanto al trabajo se observa que las amas de casa trabajan en sus tiendas o restaurantes; los hombres se dedican al comercio, intercambio de productos o adquisición de los mismos, para proveer a sus tiendas o restaurantes, pero aparte de ello no tienen otro trabajo que les remunere en forma suficiente para el sustento de la familia, observándose que lo que les proporciona estas dependencias no es suficiente y no

cubre todos los gastos, incluso en algunos casos no alcanza - para la satisfacción de las primeras necesidades tales como : vivienda, alimentación, educación y vestido, lo que trae como consecuencia la pobreza en muchos hogares, por lo que los -- miembros de dichas familias son susceptibles a enfermedades - carenciales e infecto contagiosas como tuberculosis, etc.

Los adultos jóvenes, una vez pasada la temporada del colegio, emigran hacia otros lugares en busca de trabajo, en especial a zonas cercanas donde se encuentran los centros mineros, este movimiento observado se acentúa en ciertas épocas del año y es frecuente en Santa Ana, San Joaquín, retornando luego a sus tierras para la temporada de sembrío y cosecha.

En los pueblos de Pucará, Matihuaca, Chacos, y en general en la zona baja, se nota el sistema de enganche para trabajos en la selva, en el cultivo de coca y café.

También en la localidad laboran profesores, tanto en el colegio Nacional Mixto, Centro Base N° 32 y Jardín de Infancia, - ellos trabajan con un horario corrido debido a que en su mismo local funcionan dichos centros de enseñanza en diferentes turnos.

Existen también empleados públicos que laboran en las diferentes instituciones.

En la zona rural se dedican a la agricultura y en pequeña escala a la ganadería y a la minería, trabajan asociados, pero todos ellos no se preocupan de su salud, no están prevenidos sobre los accidentes u otros daños que por consecuencia del -

trabajo pueden ocurrir, no adoptan ninguna medida de protección y están propensos a enfermedades como neumoconiosis, silicosis, etc.

#### 1.3.6.1. Sindicatos o Asociaciones de Trabajadores.

- El SUTEP.- El Sindicato Unico de Trabajadores de la Educación Peruana, que está integrada por el 99% de los profesores.
- El CONCECOM.- El Concejo Educativo Comunal, integrado por padres de familia y la Comunidad Magisterial lo preside un padre de familia. Su función es representar a toda la Comunidad Educativa del Núcleo en materia de orientación, supervigilancia de las acciones educativas y en la administración del potencial educativo comunal, además asesorar al Director en la formulación de la política y los planes del N.E.C., y también coordinar con el Magisterio sobre la implantación de la Reforma Educativa (anteriormente) y prestar toda clase de apoyo y colaboración.
- Cooperativa Agraria de Producción "Alcas-Chiric", Ltda.  
(Predios Alcas Chiric - Acobamba).

#### 1.3.7. Problemas Económicos de la Localidad.

Entre los problemas económicos y necesidades de mayor importancia que aquejan a la localidad tenemos :

- a) Escasez de Trabajo.- Debido a que en la localidad no hay centros de trabajo como empresas, industrias, fábricas, etc por lo que los habitantes tienen que emigrar en busca de -



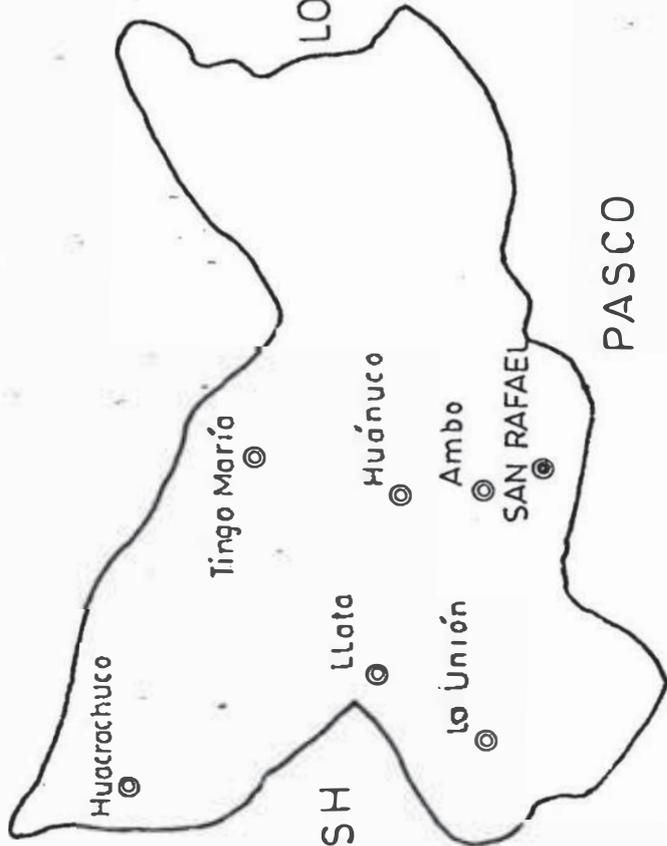
PERU

SAN MARTIN

LORETO

PASCO

HUANUCO



Huacrahuco

Tingo María

Llata

ANCASH

Huánuco

Lo Unión

Ambo

SAN RAFAEL

PASCO

HUANUCO

ello a otros lugares.

- b) Falta de Orientación en la Agricultura.- Puesto que ellos cultivan de acuerdo a métodos tradicionales, con el sistema de rotación de la tierra y además cuando el sembrío es atacado por las plagas, no emplean fumigadores, ya que -- ellos desconocen los adelantos de la Agricultura, tampoco emplean abonos, lo cual hace que sus tierras no les produzca productos de buena calidad y en cantidad equitativa con la extensión del terreno.
- c) La Mala Utilización del Ingreso Per-Cápita Económico.- La que no saben distribuir en forma cuantitativa, para la satisfacción de sus necesidades y muchas veces el padre de familia malversa lo poco que gana en el consumo de licores como cerveza, aguardiente, etc.
- d) Tratamiento o Clorificación del Agua.- La población consume agua potable que no es clorificada o tratada, proveniente de la quebrada de Pomabamba.
- e) Mala Disposición de Excretas.- No existe una buena disposición de excretas, la que es realizada a campo abierto - por falta de desagüe y letrinas sanitarias.
- f) Reparación del Grupo Hidroeléctrico.- Por falta de mantenimiento, el motor hidroeléctrico se encuentra produciendo baja energía, ya que no es reparado por falta de recursos económicos, lo mismo que va en perjuicio de la salud humana, especialmente la vista, además ocasiona la falta de industrias.

g) Construcción de un Mercado.- Es de suma urgencia por cuanto no existe un mercado adecuado y que reúna las condiciones vitales de higiene.

#### 1.4. INFORMACION COMPLEMENTARIA.

En este rubro trataremos sobre las características del poblador, transporte, principales costumbres y el número de habitantes según censos.

##### 1.4.1. Características del Poblador.

###### 1.4.1.1. Descripción Antropológica.

Como todos los habitantes del pueblo peruano andino, tiene una fisonomía típica de tamaño regular, robusto, apto para el trabajo agrícola, minero, etc.

###### 1.4.1.2. Sociológica.

El hombre tiene una escasa cultura y para poder afrontar situaciones tiene que estar supeditado a otras personas que posean un nivel cultural más elevado al de ellos.

###### 1.4.1.3. Psicológica.

Su comportamiento es típico, pasivo, introvertido, llevando en su rostro la tristeza de la mirada de sus antepasados como algo propio, esto hablando del poblador campesino.

El comportamiento del individuo de la zona urbana es distinto semejante al del poblador de las grandes ciudades.

#### 1.4.1.4. Lengua.

Como medio de comunicación, la mayoría emplea el idioma castellano, sobre todo en la zona urbana y el quechua mayormente - en las alturas.

Existen en la zona algunas personas bilingües que emplean el castellano y el quechua para comunicarse con los demás, pero se observa también que en algunos casos existe dificultad en comunicarse, porque unos hablan sólo el castellano y otros sólo hablan quechua.

#### 1.4.2. Transporte.

En lo que se refiere al transporte, cuenta con ómnibuses que prestan servicio en el transporte de pasajero de San Rafael - Huánuco - San Rafael, pudiendo transportarse también con mixtos y automóviles de los comités de servicio de Huánuco a Cerro de Pasco.

Además, como la carretera central atravieza el distrito, transitan por ella camiones que viajan a la costa, sierra y selva lo mismo que los ómnibuses de las agencias : La Perla, León - de Huánuco, Arellano, San Cristóbal, La Perla del Oriente, - Nor Oriente, Huallaga, etc. éstos en un 50% se estacionan para servirse de alimentos, constituyendo una fuente de ingresos para los dueños de los restaurantes y bares.

#### 1.4.2.1. Transmisión de Mensajes.

- Servicio Telefónico. - Permite comunicarse con otros lugares, este servicio también funciona en la Cooperativa Agrí-

cola - Ganadera de Alcas Chiric.

- Servicio de Correos y Telégrafos.- Este servicio funciona a nivel distrital, y permite que los pobladores se comuniquen con diferentes lugares del territorio nacional.

#### 1.4.2.2. Vías de Comunicación.

- Carretera Central.- Comunica a San Rafael con las diferentes ciudades del territorio nacional y viceversa, además con algunos de sus caseríos y comunidades como son : Cochacalla, Tecte, Matihuaca y Chacos.

- Caminos de Herradura.- Une los diferentes caseríos a San Rafael y viceversa, a través de éste, los pobladores se trasladan utilizando acémilas de silla y de carga al lugar de su destino y el flete es la suma de más o menos S/.60.00 por kilómetro recorrido.

Estos caminos de herradura se encuentran en pésimas condiciones de mantenimiento, además en algunos lugares el acceso es difícil, por lo accidentado que es el terreno, constituyendo muchas veces un peligro para los transeúntes, ya que con frecuencia se producen accidentes.

#### 1.4.3. Principales Festividades.

##### 1.4.3.1. Religiosas.

- San Rafaelito, fiesta patronal de la ciudad, se celebra el día 24 del mes de Octubre.
- Señor de los Milagros, se celebra el día 28 del mes de Octubre.

bre.

- Señor de Chacos, fiesta patronal de la comunidad de Chacos, se celebra el día 3 de Mayo.
- La Virgen de las Nieves, festividad en la comunidad de Chacos, se celebra el día 4 del mes de Agosto.
- Fiesta de San Pedro, en la comunidad de Matihuaca, se celebra el 29 de Junio.
- Fiesta de Exaltación, en la comunidad de Chacatama, se celebra el 14 del mes de Setiembre.

#### 1.4.3.2. Cívicas.

- El Primero de Enero, Año Nuevo.
- El 28 de Julio.

#### 1.4.3.3. Costumbristas.

- Del primero al seis de Enero, se celebra la Bajada de Reyes y esos días salen los negritos.
- El día 23 del mes de Octubre, la fiesta de la Cruz de Cañanacas, hay baile popular en la plaza de la localidad, luego pasan a casa del mayordomo a servirse platos típicos como pachamanca y locro de gallina; además, bebidas alcohólicas, para luego continuar la fiesta por tres días.

#### 1.4.4. Enfermedades Predominantes en la Zona.-

Se ha realizado un cuadro en base a las diez primeras causas de morbilidad para su mejor comprensión.

TASAS DE MORBILIDAD POR LAS DIEZ PRIMERAS CAUSAS

SAN RAFAEL - 1983

N° DE ORDEN	ENFERMEDADES	N° DE CASOS	TASA X 1000
1	Bronquitis.	520	100.48
2	Diarreas.	130	25.12
3	Amigdalitis.	80	15.46
4	Impetigo.	62	11.98
5	Resfriado común.	60	11.59
6	Acarosis.	55	10.63
7	Cólicos.	52	10.05
8	Vómitos.	47	9.08
9	Infección intestinal.	43	8.31
10	Heridas infectadas.	27	5.22

FUENTE : Oficina de Estadística de la Región de Salud Centro Oriental.

En el presente cuadro, la primera causa de morbilidad es la - Bronquitis con 520 casos, que representa el 100.48 por mil, - el cual puede explicarse por el clima frígido en la zona y la poca protección de las viviendas, así como la baja resistencia de los pobladores a causa de una nutrición deficiente.

La segunda causa viene a ser trastornos gastrointestinales; - es decir, diarreas, con 130 casos que representa el 25.12 por mil; debido principalmente a la falta de higiene en la preparación de los alimentos, el agua contaminada que ingieren, a-

la mala disposición de excretas y basuras.

En tercer lugar la amigdalitis con 80 casos que representa el 15.46 por mil, cuya causa predisponente se le atribuye a los cambios de la temperatura y a la contaminación ambiental, por el polvo de las calles sin asfalto.

Los siguientes casos incluidos dentro de las diez primeras causas de morbilidad son : Impértigo, resfriado común, acaris, cólicos, vómitos, infección intestinal y heridas infectadas.

#### 1.4.5. Población según Encuesta.-

La comunidad San Rafaelina, está comprendida en su gran mayoría por comuneros que integran las comunidades pertenecientes a la jurisdicción de San Rafael.

Pero en sí, el lugar céntrico de San Rafael, está habitada por personas foráneas al lugar provenientes de Cerro de Pasco, Atacocha y Huariaca, y que se encuentran en el lugar por razones muy personales, que pueden ser familiares, por estudios de sus hijos, por el clima más benigno, por trabajo o por mejorar su posición económica.

#### POBLACION SEGUN GRUPOS ETAREOS Y SEXO SAN RAFAEL

GRUPOS ETAREOS	TOTAL		SEXO			
	N°	%	HOMBRES		MUJERES	
			N°	%	N°	%
TOTALES	5,175	100	2,656	51.32	2,519	48.68
Hasta 1 año.	182	3.52	91	1.75	90	1.74

GRUPOS ETAREOS	TOTAL		SEXO			
	N°	%	HOMBRES		MUJERES	
			N°	%	N°	%
01 - 05 años.	852	16.46	427	8.26	424	8.18
06 - 14 años.	1,206	23.31	633	12.23	573	11.07
15 - 19 años.	509	9.84	267	5.16	251	4.86
20 - 44 años.	1,652	32.0	843	16.29	810	15.67
45 - 64 años.	570	11.02	285	5.50	285	5.49
65 - más años.	199	3.85	110	2.13	86	1.67

FUENTE : Encuesta poblacional (1983).

POBLACION SEGUN ZONA Y SEXO  
SAN RAFAEL

ZONA	TOTAL POBLACION		SEXO			
	N°	%	HOMBRES		MUJERES	
			N°	%	N°	%
TOTAL.	5,175	100	2,656	51.32	2,519	48.68
Poblac.Urbana.	2,070	40	1,059	20.46	1,011	19.54
Poblac.Rural.	3,105	60	1,597	30.86	1,508	29.14

FUENTE : Encuesta poblaciones (1983).

En el cuadro que antecede, se observa que, el 51.32% de la población está constituida por hombres y el 48.68% por mujeres.

La población rural constituye el mayor porcentaje de la población con el 60% y la población urbana el 40%.

## CAPITULO II

### 2. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

#### 2.1. AGUA POTABLE.

##### 2.1.1. Tipo de Sistema.-

El abastecimiento actual de la localidad de San Rafael, se realiza mediante un sistema de gravedad con tratamiento, el mismo que consta de un sedimentador (Fig. Cap. VI).

La captación se hace del canal Pomabamba, derivado de un riachuelo del mismo nombre, este canal tiene una longitud de aproximadamente 300 metros revestido completamente de concreto.

La alimentación del sistema es en realidad el rebose, por cierto abundante, de las aguas destinadas a la Central Hidroeléctrica de la población. Según información obtenida en las oficinas del Ministerio de Vivienda y Construcción - Regional de Huánuco, este sistema fue construido el año 1959 por la Dirección de Agua Potable del Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

##### 2.1.2. Partes del Sistema.-

El sistema que abastece actualmente a la ciudad de San Rafael consta de las siguientes partes :

- Captación.
- Sedimentador.
- Reservorio.
- Línea de Conducción.
- Red de Distribución.

#### 2.1.2.1. Captación.

La captación del agua se hace del canal Pomabamba, siendo sus dimensiones : 0.60 x 0.50 (medidas interiores) el mismo que conduce normalmente un caudal de 140 lt/seg., pudiendo conducir un caudal máximo de 173 lt/seg.

Este canal empalma directamente con dos tuberías de Ø 4" de la línea de conducción, las mismas que se encuentran en mal estado, siendo necesario su cambio total.

#### 2.1.2.2. Sedimentador.

El sedimentador es de concreto ciclópeo, se encuentra semi-enterrado, siendo sus medidas interiores : 8.24 x 2.96 mt. de sección y 3.00 mt. de altura, actualmente se encuentra en buen estado.

El espesor de las paredes del sedimentador es de 0.30 mt. en su parte superior y de aproximadamente 1.20 mt. en su parte inferior; además, posee vertederos de entrada y salida.

#### 2.1.2.3. Reservorio de Almacenamiento.

Es de concreto ciclópeo, de 90 mt.<sup>3</sup> de capacidad. Es de forma tronco piramidal, siendo sus dimensiones interiores : 7.64

x 4.26 m. de sección y 2.80 m. de altura, siendo 0.50 m. el espesor de los muros en su parte superior y de aproximadamente 1.20 m. en su parte inferior.

La losa de cubierta es de concreto armado de 0.30 m. de espesor, tiene buzón de inspección con tapa metálica de 0.60 m. de diámetro.

El reservorio practicamente se encuentra en buen estado, aunque carece de escalera y caseta de válvulas, se encuentra ubicada en la cota 2732.

#### 2.1.2.4. Líneas de Conducción, Aducción y Red de Distribución.

Existen tuberías de asbesto-cemento y fierro galvanizado, tendidos a lo largo del sistema, los diámetros varían entre 4" y 2". Por su vejez y estado, se descartan todas las tuberías, las mismas que son casi imposibles de reparar puesto que se encuentran enterradas aproximadamente a 1.5 m. de profundidad debido a que hace más o menos 8 años a raíz de un huayco que cortó el curso del río Huallaga, por rebalsamiento de sus aguas, hubo una gran inundación, destruyendo casas, tiendas comerciales, hoteles, etc., dejando la localidad en ruinas, esto mismo pero en menor escala se repitió el año siguiente, por lo que declararon el lugar como zona peligrosa y en evacuación, lo cual no es cumplido dado que San Rafael está ubicado en la margen de la carretera central y es el punto de convergencia de la comercialización de todos los pueblos que lo rodean.

## 2.2. ALCANTARILLADO.

No existe el sistema de alcantarillado en toda la ciudad, debido a que al desbordarse el río Huallaga, destruyó las redes instaladas y solo algunas viviendas cuentan con letrinas sanitarias privadas, también existen dos letrinas sanitarias públicas, de las cuales hacen uso los transeúntes y el resto lo hace a campo abierto, lo cual constituye un foco de infección para la localidad.

## 2.3. ADMINISTRACION.

Antiguamente se cobraba a la población una tarifa por el suministro del agua, encargándose de ello el Concejo Municipal, - actualmente como el suministro es deficiente no se cobra ninguna tarifa.

## 2.4. CONCLUSIONES.

Habiendo descrito el estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado existente en la localidad de San Rafael, podemos concluir que el mencionado sistema requiere :

- 1) Mejoramiento de la toma de captación, así como de la línea de conducción.
- 2) Mejoramiento del sedimentador existente.
- 3) Construcción de filtros lentos.
- 4) Renovación de la línea de conducción.
- 5) Mejoramiento del reservorio existente.
- 6) Desinfección del agua.

- 7) Diseñar una nueva línea de aducción y red de distribución.
- 8) Proyectar conexiones domiciliarias.
- 9) Diseño del servicio de alcantarillado.

### CAPITULO III

#### 3. ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA.

En todo proyecto de Ingeniería, los factores fundamentales - que influyen están orientados a la variable tiempo, condicionado por el factor población y la vida útil de sus estructuras componentes.

En el presente proyecto el estudio de estas dos condiciones - determinan un período de diseño y una población de diseño al final de dicho período.

##### 3.1. Período de Diseño.-

Se entiende por período de diseño de un sistema al tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en que su uso sobrepase las condiciones establecidas en el diseño, no siendo satisfactorio el abastecimiento de la población.

Al término de este período se deben efectuar nuevos estudios para la ampliación y mejoramiento del sistema, de acuerdo a las nuevas condiciones requeridas. El período de diseño o período de vida tiene relación muy importante con la cuantía de los fondos que deben ser invertidos.

Para este proyecto de abastecimiento de agua, es necesario decidir acerca del tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes que deba ampliarse o abandonarse por resultar inadecuado.

3.1.1. Determinación del Período de Diseño.

La determinación del período de diseño, está en función de varios elementos que determinan las características del proyecto.

Para determinar el tiempo de vida hay que tener en cuenta dos aspectos :

1. Criterios para fijar el período de diseño.
2. Factores determinantes del período de diseño.

3.1.1.1. Criterios para fijar el Período de Diseño.

Los criterios para fijar el período de diseño son :

Tiempo - Población

Población - Tiempo

- Criterio Tiempo - Población.

Consiste en fijar primero un período, luego estimar la población futura al término de dicho período. Este criterio es el más utilizado en nuestro medio, ya que existen poblaciones jóvenes en vías de desarrollo, que no tienen bien definida la población futura, razón por la que se elige arbitrariamente un tiempo para el cual se estima la población. Este método será el que se utilizará en el presente proyecto.

- Criterio Población - Tiempo.

Se fija la población y después se determina el tiempo en el cual habrá que alcanzar dicha población.

Este criterio tiene aplicación conveniente en ciudades gran

des de mayor desarrollo, con poblaciones cercanas a su saturación.

### 3.1.1.2. Factores determinantes del Período de Diseño.

Los factores determinantes del período de diseño son

a) Factores de orden material. El período de diseño estará limitado por :

(1) Vida útil de los elementos que constituyen el sistema, es decir la vida probable de los materiales que componen la obra y del equipo a instalarse, el cual toma un interés determinante.

Para población rural ..... 20 años.

Para población urbana ..... 15 años.

(2) Flexibilidad de las instalaciones a ser ampliadas o sustituidas parcialmente, este factor ha sido solucionado construyendo los servicios de agua en dos etapas, de modo que los futuros habitantes (2da. etapa) sufragan sus propias necesidades.

(3) Potencial acuífera de las fuentes de abastecimiento, - debe determinarse con exactitud el potencial acuífero de las fuentes de abastecimiento, para determinar el período de diseño.

En este proyecto el potencial acuífero de San Rafael, - radica en las aguas del riachuelo Pomabamba.

b) Factor Crecimiento Poblacional, conociendo el número de ha

bitantes de una ciudad o de un pueblo, es difícil pronosticar el ritmo de crecimiento de una población, mucho depende del desarrollo económico de la ciudad misma o de las zonas vecinas.

Para poder calcular el crecimiento de una población se debe tener en cuenta diversos factores como el carácter y emplazamiento de la ciudad y posible expansión futura, ya que con el estudio de la población, es posible conocer las características de crecimiento, tanto de habitantes como del área urbana.

Un crecimiento acelerado requiere de un período de diseño corto, el cual puede ser de 20 o menos años, ya que no se puede conocer con exactitud si el desenvolvimiento de la población seguirá con el mismo ritmo o sufrirá un estancamiento.

Los períodos largos de 30 años o más, son recomendados para ciudades grandes, donde prácticamente su expansión ha quedado limitada y saturada su población.

Para San Rafael, se considera un desarrollo normal, no explosivo ni estancado.

c) Factor de Orden Técnico.

Muchas veces el cálculo de tuberías, válvulas y accesorios en ciudades pequeñas dan resultados menores que los mínimos recomendados por los fabricantes, lo que permite alargar más el período de diseño, siendo éste un factor netamente técnico.

d) Factor Económico.

Es muy importante y fundamental para la determinación del período de diseño, si se elige un período de diseño muy largo, el proyecto tendrá costos muy elevados, lo que resultaría anti-económico; por el contrario, en un período de diseño corto, el costo inicial puede ser económico, pero ocasionaría muchas molestias al vecindario por las ampliaciones que deberán hacerse posteriormente.

3.1.2. Normas para la Determinación del Período de Diseño.

Según el Reglamento Nacional de Construcciones y las Normas y Requisitos para los Proyectos de Agua Potable del Ministerio de Vivienda y Construcción, especifican :

- a) Para poblaciones de 2,000 hasta 20,000 habitantes se considerará de 15 años.
- b) Para poblaciones de 20,000 o más habitantes, se considerará de 10 años.
- c) Los plazos se justificarán de acuerdo con la realidad económica de las localidades.

Las Normas Generales para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable Rural del Ministerio de Salud, especifican

- a) Para redes, 20 años.
- b) Para equipos, maquinarias y accesorios, 10 años.

3.1.3. Conclusión.

Como la localidad de San Rafael está ubicada en el medio ru--

ral adoptaremos las normas indicadas por el Ministerio de Salud.

### 3.2. Métodos para Estimar la Población Futura. -

La estimación de la población futura para proyectos de abastecimiento de agua potable es de gran importancia, puesto que constituye el objetivo del servicio.

La capacidad del sistema está considerada por el factor población y si su estimación no es representativa el proyecto en un tiempo corto puede quedar obsoleto, o en su defecto, éste puede cumplir con el período de diseño estipulado, sin alcanzar el máximo de la capacidad calculada, significando esto una inversión mayor que la requerida y por consiguiente tener estructuras con capacidades ociosas.

Para calcular la población futura, es imprescindible conocer la variabilidad de la población y ésta a su vez responde a diversos factores como : nacimientos y migraciones, defunciones y emigraciones, influencia socio-económica y política en la localidad, creación o cesación de juntas de trabajo, etc.

Para el cálculo estimativo de la población futura, usamos los métodos analíticos, es decir, aquellos en que la tendencia de crecimiento de la población varía de acuerdo a funciones matemáticas específicas, siendo la razón de crecimiento, función de la variación poblacional registrada por los censos.

Entre estos métodos analíticos, tenemos :

a) Método Geométrico.

Es utilizado para poblaciones en pleno desarrollo. Se asu  
me que el crecimiento de una población es análogo al de un  
capital impuesto al interés compuesto.

$$P_f = P_a (1 + r)^t$$

b) Método de Interés Simple.

Es un método con resultados intermedios, principalmente -  
por la forma de determinación de la razón de crecimiento.

La razón de crecimiento estará dada, por el promedio de -  
las razones halladas según los censos disponibles.

$$P_f = P_a (1 + rt)^t$$

c) Método Aritmético.

Considerará que la población crece al igual que una progre  
sión aritmética, en donde la razón de crecimiento está da-  
da por el promedio de razones de crecimiento y es igual a-  
la diferencia de incrementos poblacionales entre la dife-  
rencia de años de los datos considerados.

Este método da valores bajos, se asume para poblaciones -  
cercanas al límite de saturación, sin considerarlo o anali  
zarlo, pudiendo ser que lo sobrepase.

El método se desarrolla calculando primero la razón de cre-  
cimiento.

$$f = \frac{P_t - P_o}{t - t_o}$$

La población para un período "t" estará dada por la ecua--

ción :

$$P_f = P_a + f (t - t_0)$$

d) Método de Crecimientos Variables.

Asume que el incremento poblacional es variable, y que la diferencia de incrementos es constante.

Se desarrolla con un mínimo de cuatro censos disponibles, para poder calcularse el promedio de incrementos poblacionales (a) y el promedio de la diferencia de estos incrementos (b). La población de diseño se encuentra adicionándoles al último censo los factores (a) y (b).

e) Método del Incremento Vegetativo.

Para la utilización de este método, se deberá contar con los datos de mortalidad y la corriente migratoria como mínimo de los últimos cinco años.

El incremento poblacional está dado por la suma algebraica de dos factores :

- 1.- El primero debido a la diferencia de la sumatoria de los nacidos vivos año a año y la sumatoria de las defunciones año a año.
- 2.- El segundo factor a la diferencia de la sumatoria de la emigración año a año y la sumatoria de la migración año a año.

El promedio de esta suma algebraica nos indica el crecimiento vegetativo anual, que será utilizado para la-

estimación de la población.

$$V = \frac{(NV - D) + (M - E)}{t}$$

siendo :

NV = nacidos vivos.

D = defunciones.

t = tiempo.

M = migraciones.

E = emigraciones.

f) Método de la Población de Saturación,

La población de saturación está dada por la suma de la población actual y la población de expansión.

$$P_s = P_o + I_p$$

La población actual está en función de los datos del censo y la población de expansión depende de las densidades demográficas (horizontal y/o vertical) y del área de expansión futura de la localidad.

### 3.3. Selección de los Métodos para Determinar la Población Futura.-

Conocidas las características generales de algunos métodos utilizados para la estimación de la población, es conveniente analizarlos para poder elegir el o los métodos con los que calcularemos la población futura o de diseño.

El método geométrico : es considerado para poblaciones en pleno desarrollo, dentro de un crecimiento poblacional explosivo.

El método de interés simple : da resultados intermedios entre-

los métodos aritméticos y geométricos.

El método aritmético : da valores bajos y se asume para poblaciones intermedias entre las fases de crecimiento explosivos y población de saturación.

El método de incremento vegetativo : es el más representativo en la realidad, ya que se necesita mayor acopio de información y permite visualizar el probable crecimiento poblacional con mayor certidumbre.

Por las características de la población y lo expuesto anteriormente, estimaremos la población futura por los métodos geométricos y de interés simple.

#### 3.4. Determinación de la Población Futura.-

La población futura está en función de la población actual, - la misma que hemos podido encontrar en base a encuestas realizadas, predio por predio, ya que no se cuenta con datos estadísticos.

En la localidad de San Rafael, el número de predios existentes habitados es de 345 y de acuerdo al muestreo realizado nos da un promedio de 6 habitantes por predio, lo cual nos da una población actual de 2,070 habitantes.

##### 3.4.1. Población futura.

Para determinar la población futura de la localidad de San Rafael, consideraremos :

a) Un período de diseño de 20 años.

- b) Los métodos antes mencionados.
- c) Un incremento poblacional de 2°/oo anual según la DISAR (Dirección de Saneamiento Rural) del Ministerio de Salud Pública.

METODO GEOMETRICO.

Sabemos que :

$$P_f = P_a (1 + r)^t$$

Reemplazando valores, tenemos :

$$P_f = 2070 \left( 1 + \frac{25}{1000} \right)^{20}$$

$$P_f = 3,392 \text{ habitantes.}$$

METODO INTERES SIMPLE.

Se sabe que :

$$P_f = P_a (1 + rt)$$

Reemplazando valores, tenemos :

$$P_f = 2070 \left( 1 + \frac{25 \times 20}{1000} \right)$$

$$P_f = 3,105 \text{ habitantes.}$$

Elegimos la población estimada según el método de Interés Simple, ya que es una población relativamente joven en el límite de saturación y con escasa área de expansión.

3.5. Area Urbana Actual y Expansión Futura.-

El área urbana ocupada actualmente por la localidad de San Rafael es de 9.5 hectáreas.

Una vez determinada el área de ocupación poblacional actual,-

es de suma importancia considerar para el diseño las probables áreas de expansión urbana, las que son determinadas teniendo en consideración los siguientes factores :

- Accesibilidad.
- Posibilidad de dotación de servicios básicos.
- Facilidad de expansión.
- Hábitos y condiciones socioeconómicas de la población.
- Existencia de servicios públicos.
- Factores de transporte y vías de comunicación.
- Desarrollo de la pequeña y mediana industria.

En el caso de San Rafael, se puede apreciar que no existen áreas de expansión futura, por lo que puede considerarse que la población ha llegado a su máximo expansión territorial.

### 3.6. Densidad Poblacional.-

La densidad poblacional es el promedio de habitantes por hectárea :

$$D = \frac{P}{A}$$

Siendo :

D = densidad demográfica.

P = población urbana.

A = área ocupada en hectáreas.

La densidad poblacional de San Rafael es de :

$$D = \frac{2070 \text{ habitantes}}{9.5 \text{ Has.}}$$

$$D = 218 \text{ hab/Ha.}$$

3.7. Población de Saturación.-

Es aquella población que depende de las áreas de ocupación, -- expansión y densidades. El incremento poblacional, está dado por la fórmula :

$$I_p = A \times D$$

Siendo :

$I_p$  = incremento poblacional.

A = área de expansión futura.

D = densidad poblacional o demográfica.

En nuestro caso, el crecimiento poblacional se considera en forma vertical, ya que no existe zona de expansión y a su vez el crecimiento vertical es relativamente bajo por cuanto conforme a la característica de las viviendas y/o construcciones no son propias para más de dos pisos.

Como el índice de crecimiento poblacional es en forma vertical deberíamos dividir la población en zonas y para cada una de ellas hallar su densidad, la población de saturación estaría dada por la siguiente fórmula :

$$P_s = P_a + A_1 D_1 + A_2 D_2 + \dots + A_n D_n$$

Como San Rafael es una ciudad pequeña, consideramos una sola densidad y reemplazando valores en la fórmula anterior, tenemos :

$$P_s = 2070 + 9.5 \times 218$$

$$P_s = 4,141 \text{ habitantes.}$$

3.8. Población de Diseño.-

La población de diseño es la que resulta menor de la comparación de la población futura, con la de saturación, es decir :

$$\text{Si } P_s > P_f \quad \text{entonces} \quad P_{DIS} = P_f$$

$$\text{Si } P_s < P_f \quad \text{entonces} \quad P_{DIS} = P_s$$

En nuestro caso, la población de saturación es mayor que la población futura, es decir :

$$4141 > 3105$$

En conclusión, la población de diseño que vamos a utilizar en el cálculo del sistema, será de 3105 habitantes para un periodo de 20 años.

## CAPITULO IV

### 4. DOTACION Y CONSUMOS.

Para efectuar el diseño de las obras de abastecimiento de agua potable, es necesario estimar la cantidad de agua necesaria para el suministro adecuado en el futuro y esto deberá hacerse con una apreciación de los factores que determina la cantidad de agua requerida.

#### 4.1. Dotación.-

Es la cantidad de agua expresada en lt/hab/día, que se entregará a la población a través de un sistema de abastecimiento de agua, que le permita satisfacer sus necesidades.

El cálculo de la dotación está en función de diversos factores; los parámetros más importantes obtenidos del estudio de campo realizado y con los cuales coinciden la mayoría de los especialistas, son los siguientes

##### 4.1.1. Tamaño de la Población.

Algunas investigaciones realizadas en países desarrollados han puesto de manifiesto que los consumos per-cápita aumentan con el tamaño de la comunidad. Una de estas expresiones que procuran evaluar tal factor, es la expresión

$$Q = 54 P^{0.125}$$

Q consumo per-cápita en galones/hab/día.

P población en miles.

Indudablemente que dicha expresión tiene aplicación en la región donde se realizó la investigación, a fin de mantener inalterables las otras variables, pero resulta innegable que el crecimiento poblacional provoca consecuentemente con el desarrollo económico y demográfico un incremento de su consumo per-cápita.

#### 4.1.2. Movimiento Comercial é Industrial.

El consumo de agua debido a la presencia de la industria en una ciudad es grande, en comparación con el consumo doméstico y su determinación es difícil debido al porcentaje de consumo de las diferentes industrias.

#### 4.1.3. Condiciones Climatológicas.

Generalmente los consumos de agua de una ciudad varían a lo largo del año, de acuerdo a la temperatura ambiental y a la distribución de las lluvias. Este mismo hecho puede establecerse por comparación para varias regiones con diferentes condiciones ambientales, de tal forma que la temperatura ambiente de la zona define, en cierto modo, los consumos correspondientes a higiene personal de la población que influenciarán los consumos per-cápita.

#### 4.1.4. Calidad y Costo del Agua.

Es natural que la buena calidad predispone a un mayor uso. El costo es importante, pues un método de disminuir el consumo es aumentar el costo evitándose los desperdicios. De acuerdo

a experiencias en grandes ciudades, se encuentra que por cada 10% de incremento en la tarifa, el consumo disminuía en un 5%. En el caso de San Rafael, esta conclusión no se considera ya - que no existe tarifa ni medidores de consumo de agua.

4.1.5. Presencia o ausencia de medidores.

Los medidores y controladores, sirven para fiscalizar el consumo de agua debido al uso que le dan las personas servidas o por las pérdidas y tomas clandestinas.

4.1.6. Presiones en la Red.

Es un factor determinante en el abastecimiento de agua y tiene dos efectos :

- a) De 15 ó 35 metros de presión, el consumo es mínimo.
- b) Para presiones mayores de 35 metros, el consumo aumenta debido a filtraciones a través de los orificios que pueden existir en la red; además, el golpe de ariete es mayor y las válvulas sufren más.

4.2. Normas para Determinar la Dotación.-

Para la determinación de la dotación existen normas del Ministerio de Salud y del Ministerio de Vivienda y Construcción.

NORMAS DEL MINISTERIO DE SALUD.

- De acuerdo al número de habitantes, la dotación es :
  - Hasta 500 habitantes ..... 60 - 80 lt/hab/día.
  - De 500 a 1000 habitantes..... 80 -100 " "
  - De 1000 a 2000 habitantes .....100 -150 " "

- Teniendo en cuenta las regiones geográficas, la dotación es:

- . Poblaciones de la Costa ..... 100 - 120 lt/hab/día.
- . Poblaciones de la Sierra..... 60 - 100 " "
- . Poblaciones de la Selva ..... 100 - 150 " "

NORMAS DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION.

Las normas adoptadas por el Ministerio de Vivienda, dan los siguientes consumos.

Población	Consumo Lt/HAb/Día	
	C l i m a	
	Frío	Templado y Cálido
2000-10000 hbs.	120	150
10000-50000 hbs.	150	200
Más de 50000	200	250

4.3. Consumo.-

Los sistemas de abastecimiento de agua deben proveer el consumo requerido por la población servida. Este consumo está ligado al número de habitantes y sus niveles de vida, el grado de desarrollo de sus actividades comerciales é industriales, estando además, influidos por factores climatológicos y sociales.

4.4. Usos del Agua.-

El uso del agua de una población puede reunirse en cuatro grupos básicos que son :

Consumo doméstico.

Consumo comercial é industrial.

Consumo público.

Consumo por pérdidas en la red.

Consumo por incendio.

4.4.1. Consumo Doméstico.

Constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, etc. y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Representa generalmente el consumo predominante en el diseño. La dotación para el consumo doméstico puede distribuirse de la siguiente manera :

<i>Desperdicio por</i> Consumo doméstico .....	10	lt/hab/día.
Bebida y cocina .....	10	" "
Lavado de ropa .....	30	" "
Baño .....	15	" "
Instalaciones sanitarias .....	20	" "
TOTAL :	85	lt/hab/día.

4.4.2. Consumo Industrial y Comercial.

Puede ser un gasto significativo en casos donde las áreas a desarrollarse tengan una vinculación industrial o comercial. En tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per-cápita.

Cuando el comercio o industria constituye una situación nor-

mal, tales como pequeños comercios e industrias, hoteles, estaciones de gasolina, etc. ello puede ser incluido y estimado dentro de los consumos per-cápita adoptados, y diseñar en base a esos parámetros.

Por lo anterior podemos estimar una dotación de 25 lt/hab/día

#### 4.4.3. Consumo Público.

Está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos; así como a la limpieza de calles, etc. motivo por el cual se le asignará 15 lt/hab/día.

#### 4.4.4. Consumo por Pérdida en la Red.

Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas, y por el mismo descuido del usuario al emplear las conexiones domiciliarias de una manera adecuada. Se considera de un 10 ó 20% del consumo total. Para este consumo he considerado una dotación de 25 lt/hab/día; es decir, el 20% de la suma del consumo doméstico, consumo industrial y del consumo público.

#### 4.4.5. Consumo por Incendio.

En términos generales, puede decirse que un sistema de abastecimiento de agua representa el más valioso medio para combatir incendios, y que en el diseño de alguno de sus componentes, este factor debe ser considerado de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve.

4.5. Conclusión.-

Efectuado el análisis en forma general de todos los aspectos que determinan una dotación en el presente estudio consideramos el siguiente cuadro.

Cuadro de Consumos

Consumos	Dotación lt/hab/día	Porcentaje
Doméstico.	85	56.66
Industrial y Comercial.	25	16.66
Público.	15	10.00
Pérdida en la red.	25	16.66
TOTAL :	150	99.98

Teniendo en cuenta las dotaciones y consumos estimados para la ciudad materia de estudio, así como las consideraciones del Ministerio de Salud y del Ministerio de Vivienda y Construcción, daremos una dotación de 150 lt/hab/día, para la localidad de San Rafael.

4.6. Variaciones de Consumo.-

La variación de consumo está en función directa con el grado de cultura de una población, ocupación de sus habitantes, clima y extensión de la población.

4.6.1. Consumo promedio diario.

Es el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días de un año. Las variaciones diarias son determinadas por el clima de la región.

Las normas del Ministerio de Vivienda y Construcción, asumen entre el 150% y 180% del consumo promedio diario anual.

Las normas del Ministerio de Salud, asumen para variaciones diarias entre 120% y 150% del consumo promedio diario anual.

#### 4.6.3. Consumo Máximo horario.

Es la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. Las variaciones horarias están influenciadas por el tamaño de la población, por sus costumbres, etc.

Las normas del Ministerio de Vivienda y Construcción recomiendan los siguientes porcentajes :

Población entre 2,000 - 10,000 habitantes	250%
Poblaciones mayores de 10,000 habitantes .....	180%

Las normas del Ministerio de Salud, recomiendan los siguientes porcentajes del consumo promedio anual :

Poblaciones hasta 1,000 habitantes .....	400%
Poblaciones entre 1,000 - 2,000 habitantes	300%

#### 4.6.4. Máximo maximumum.

Es el incremento de consumo cuando simultáneamente coincide la hora de máximo consumo en el día de máximo consumo.

$$K_3 = K_1 \times K_2$$

#### 4.6.5. Conclusiones.

Para la localidad de San Rafael se ha concluido en lo siguiente :

- a. Variación máxima diaria :  $K_1 = 1.5.$
- b. Variación máxima horaria :  $K_2 = 1.85.$

Conforme al estudio del canal Pomabamba, ubicado a unos 200 - metros del pueblo de San Rafael, aforado por el método de sección velocidad, dio un gasto de 173 lps. en tiempo de lluvias y en época de sequía un gasto de 140 lps.; como rendimiento máximo.

#### 4.7. Caudales de Diseño.-

Los caudales de diseño para el presente proyecto y para el período de diseño determinado son :

Consumo promedio anual.

$$Q_p = \frac{P \times D}{86400} = \frac{3105 \text{ hab.} \times 150 \text{ lt/hab/día}}{86400 \text{ seg/día}}$$

$$Q_p = 5.39 \text{ lps.}$$

Consumo máximo diario.

$$Q_{md} = Q_p \times K_1 = 5.39 \times 1.5.$$

$$Q_{md} = 8.10 \text{ lps.}$$

Consumo máximo horario.

$$Q_{mh} = Q_p \times K_2 = 5.39 \times 1.85$$

$$Q_{mh} = 10 \text{ lps.}$$

Consumo máximo maximorum.

$$Q_{mm} = Q_p \times K_1 \times K_2 = 5.39 \times 1.5 \times 1.85$$

$$Q_{mm} = 15 \text{ lps.}$$

Caudales de Diseño

Año	Población	Dotación	Variaciones Consumo (lps)			
			Qp	Qnd	Qnh	Qmm
2003	3105	150 lt/ hab/día.	5.39	8.10	10.00	15.00

## CAPITULO V

### 5. ESTUDIOS DE FUENTES.

#### 5.1. El Agua.-

El conocimiento de los procesos y factores que afectan el origen, la existencia y la circulación del agua, es esencial para la captación y usos adecuados de las fuentes de dicha agua; asimismo, es importante para determinar un grado satisfactorio de usos adecuados.

El agua es tan esencial para la vida como lo es el aire, el alimento y la luz solar; sin el agua no existiría vida sobre el planeta. Los científicos actualmente piensan que la vida se inició en ella, debido a que aparte de poseer todos los elementos necesarios, constituyó el medio aislante de la atmósfera asfixiante y agresiva prevaleciente en los inicios del planeta. Ella ha dado lugar al florecimiento de grandes imperios y también en otros casos ha contribuido a su desaparición.

El agua es una sustancia extraña y muy común a la vez; extraña, porque entre todas las sustancias ella existe en sus tres estados dentro de los rangos de presiones y temperaturas prevalentes en la tierra.

Su naturaleza física le confiere las propiedades de ser incolora, inodora e insípida. Su naturaleza química es única por ser un compuesto de gran estabilidad, un solvente excelente y

una gran fuente de energía química. Cuando se congela se expande, en vez de contraerse como lo hacen las otras sustancias y en estado líquido, contrario a toda sustancia. Este constituye un hecho afortunado para la vida en el planeta. Si el agua se comportara como cualquier otro líquido congelado, permanecería por el resto de los tiempos al fondo de los mares, lagos y ríos e iría congelando el agua de encima quedando por tanto fuera de alcance de planetas y animales.

La gran estabilidad de la sustancia y la gran energía requerida para romperla, tienen su explicación en su estructura molecular. La molécula es la parte más pequeña en que puede dividirse una sustancia sin perder ninguna de sus propiedades. Ella está compuesta por átomos, que es la parte más pequeña de la materia.

La molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno.

Decimos que el agua es un componente común debido a que ella se encuentra ampliamente difundida en el planeta. Alrededor del 97% del agua en el mundo se encuentran en los océanos del 3% restante, el 2.15% está solidificada en los casquetes polares, el 0.3% se encuentra tan profundamente confinada en la tierra que resulta antieconómico su bombeo, quedando alrededor del 0.4% distribuido en ríos, lagos, riachuelos y subsuelo. Al igual que en la tierra, el agua se encuentra presente en todo el organismo humano, constituyendo aproximadamente el 75% del peso.

Porcentaje de agua en el organismo humano

- Cerebro	74%
- Huesos	22%
- Riñón	82%
- Músculos	75%
- Sangre	83%

Ciclo Hidrológico (circulación del agua en la naturaleza)

El ciclo hidrológico es el nombre que se da a la circulación del agua en estado líquido, de vapor o sólido, desde los océanos al aire, del aire a la tierra, sobre la superficie de ésta o bajo del suelo, y de nuevo a los océanos (Fig. 5).

La evaporación que tiene lugar en la superficie del agua da por resultado la transferencia de vapor de agua a la atmósfera. En ciertas condiciones, este vapor se condensa para formar nubes, las cuales, subsecuentemente, liberan su humedad como precipitación en forma de lluvia, granizo, cellizca o nieve. La precipitación puede ocurrir sobre los océanos regresando algo del agua directamente a ellos o sobre la tierra en la que los vientos han transportado previamente la humedad del aire y las nubes. Parte de la lluvia que cae a la tierra se evapora, retornando inmediatamente la humedad a la atmósfera. Del resto, una parte, alcanzando la superficie del suelo la moja y fluye hacia las corrientes superficiales, desembocando finalmente en el océano, mientras otra parte se filtra en el subsuelo, y entonces se percola hacia el flujo de agua del suelo a través del cual llega, más tarde, hasta el océano

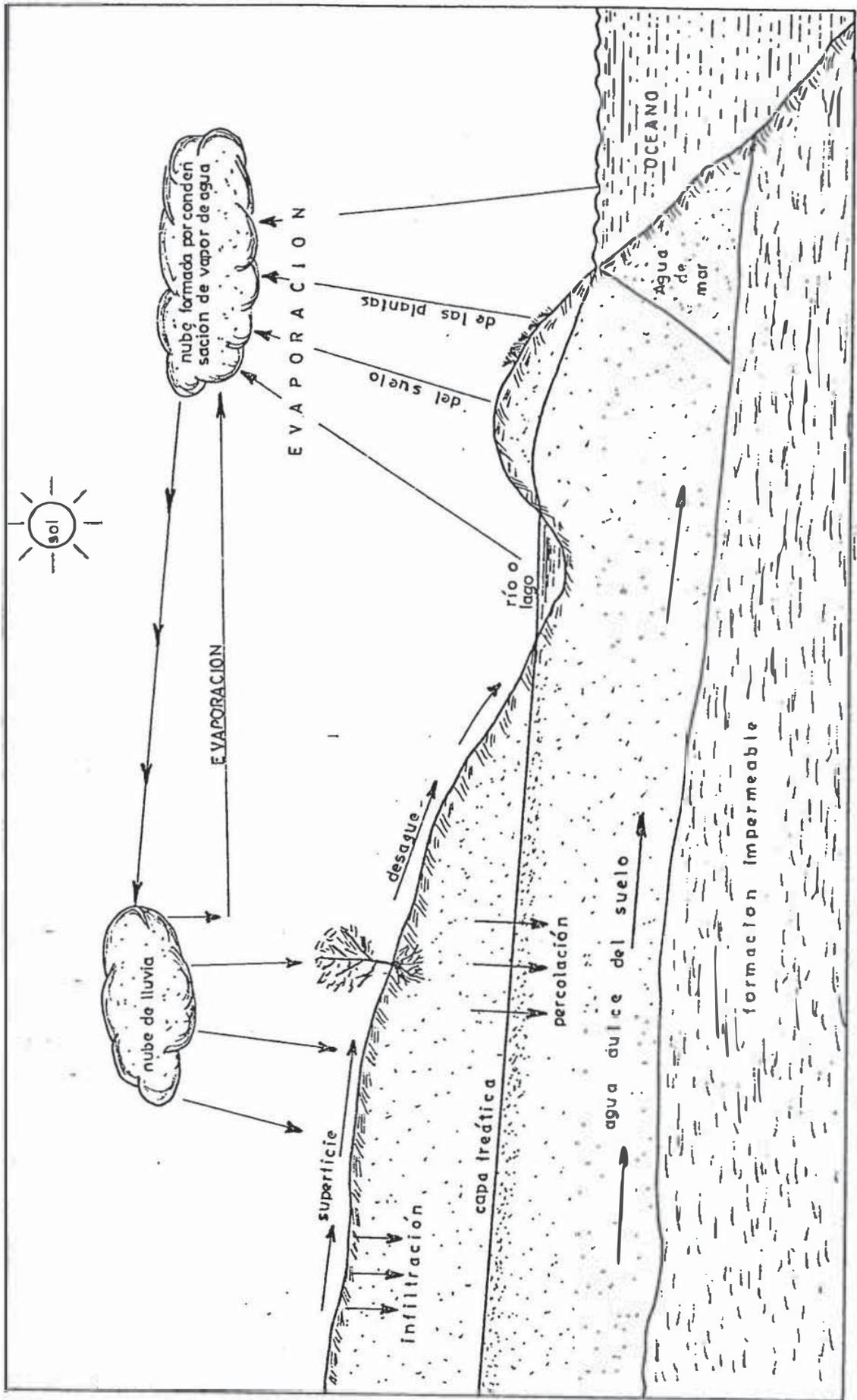
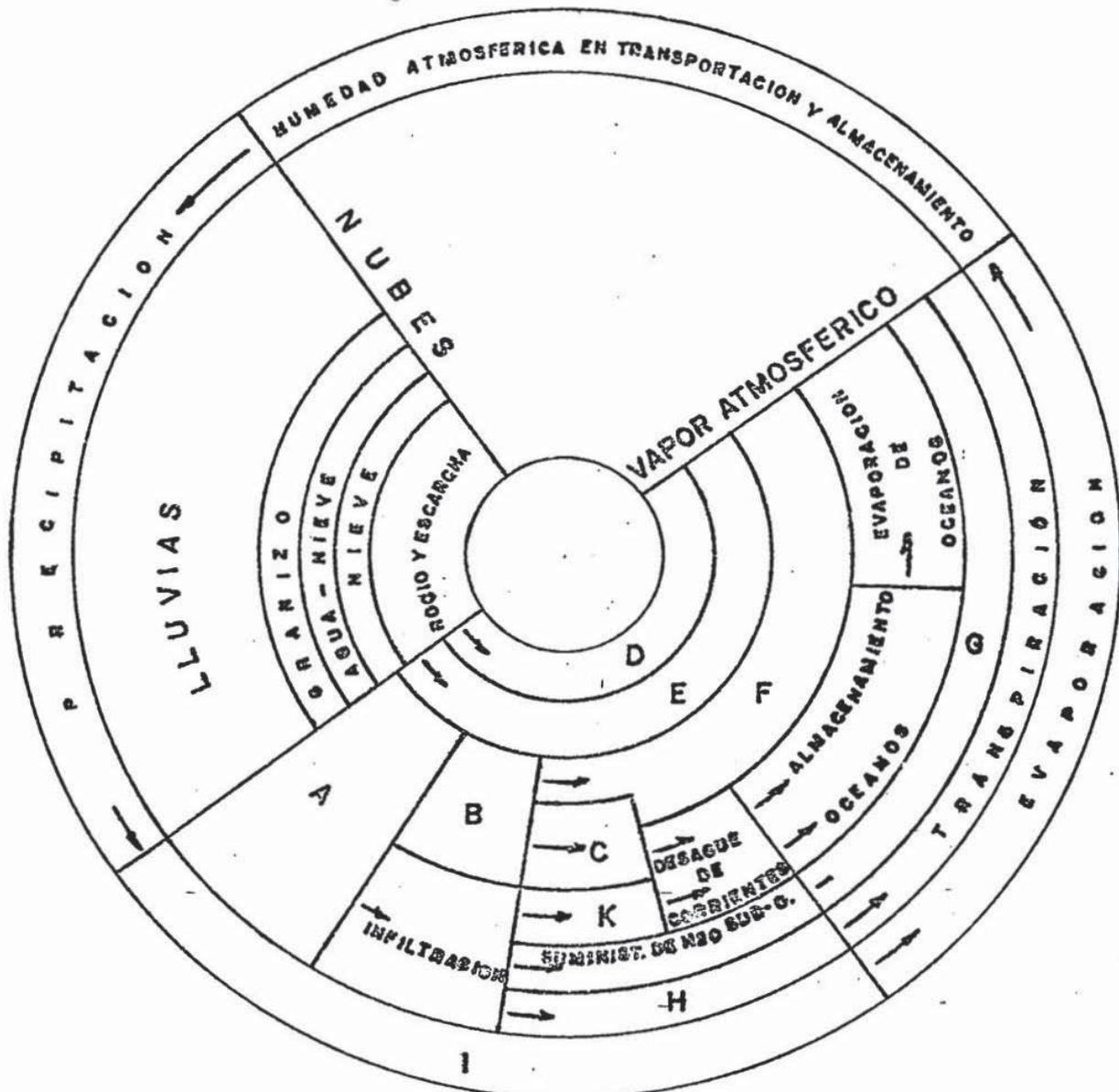


FIG 51 CICLO HIDROLOGICO

# REPRESENTACION CUALITATIVA DEL CICLO HIDROLOGICO



- A = PRECIPITACION QUE ALCANZA LA SUPERFICIE DEL SUELO
- B = ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN SUPERFICIE.
- C = AVENIDAS SUPERFICIALES EN CORRIENTES.
- D = EVAPORACION DE LAS PRECIPITACIONES.
- E = PRECIPITACIONES INTERCEPTADAS Y EVAPORADAS DE ARBOLES Y VEGETACION
- F = EVAPORACION DE ESTANQUES LAGOS Y CORRIENTES SUPERFICIALES.
- G = EVAPORACION DE LOS SUELOS.
- H = SUMINISTRO DE AGUAS SUBTERRANEAS A LA VEGETACION.
- I = DISPOSICION SUPERFICIAL DE LAS PRECIPITACIONES TODAS LAS FORMAS.

La evaporación regresa parte del agua de la superficie de la tierra mojada a la atmósfera, mientras que las plantas extraen algo de esta porción en el suelo mediante sus raíces, y en virtud de un proceso conocido como transpiración, la devuelven a la atmósfera a través de sus hojas.

#### 5.1.1. Aguas Meteóricas.

Conocidas también como aguas de lluvia, son puras, pero a medida que se desplazan por la atmósfera absorben gases, principalmente oxígeno, anhídrido carbónico y otras impurezas. Este tipo de fuente es usada frecuentemente para abastecer a pequeñas poblaciones o para el abastecimiento particular de una familia, en regiones donde se carece de otro tipo de fuente o recurso hídrico.

Las características fundamentales son

- Son blandas.
- Carecen de sales minerales.
- Corrosivas por su alto contenido de CO<sub>2</sub>.
- Baja turbiedad.

#### 5.1.2. Aguas Superficiales.

Son aquellas aguas que se encuentran sobre la superficie en estado de movimiento y en relativo reposo.

En estado de movimiento tenemos las torrentes, arroyos, ríos, etc. En estado de reposo tenemos los mares, océanos, lagos, lagunas, etc.

La calidad de estas aguas depende de varios factores entre los que se encuentran :

- En períodos de lluvias o precipitaciones, son relativamente suaves y con alto contenido de bacterias.
- En época de estiaje, es más dura, por las aportaciones de agua del sub-suelo.
- La contextura de los suelos influye en la calidad del agua, Así los suelos arcillosos producen aguas lamosas, los terrenos pantanosos dan coloración de agua.

### 5.1.3. Aguas Sub-Superficiales o del Subsuelo.

El agua del subsuelo que se encuentra en los intersticios o poros de las rocas se pueden dividir en dos zonas principales Estas son las zonas de aireación y la de saturación.

#### Zona de Aireación.

La zona de aireación se extiende de la superficie de la tierra al nivel al cual todos los poros o espacios abiertos en los componentes de la tierra se encuentra completamente llenos o saturados de agua. Comprende las siguientes capas :

- Caja de agua del suelo. Es la región de la cual las plantas extraen, por medio de sus raíces, la humedad necesaria para su desarrollo.
- Capa intermedia. Es la región que se encuentra entre la capa de agua del suelo y el borde capilar.

Borde Capilar.- El agua en esta capa está suspendida por

fuerzas capilares similares a las que causan que el agua se eleve en un tubo estrecho o capilar, por encima del nivel de agua contenida en un recipiente mayor que aloja verticalmente al tubo.

Zona de Saturación.- Es la capa en la cual los poros se encuentran completamente llenos o saturados de agua. El agua de la zona de saturación se conoce como agua del subsuelo.

Las formaciones que contienen agua del subsuelo y que la proporcionan fácilmente a los pozos son llamados acuíferos.

#### 5.1.4. Manantiales.

Son las aguas que provienen de las grietas del subsuelo, pudiendo aflorar a la superficie en forma de pozos o lugares húmedos al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos.

Pueden ser de dos clases

- De ladera.
- De Fondo.

Cada uno de estos manantiales pueden ser de dos tipos :

- Concentrados.
- Difusos.

Es del tipo concentrado cuando existe un solo ojo de agua que aflora a la superficie.

Es del tipo difuso, cuando existen varios ojos de agua que afloran a la superficie, estando éstos, poco distantes unos de otros.

#### 5.1.5. Riachuelos.

Viene a ser el agua que no ha sido absorbida por las plantas y que tampoco se infiltra en el terreno, por ser este impermeable o estar saturado por ejemplo, fluye por la superficie del terreno formando corrientes de agua que van a dar finalmente a tributarios de pequeños ríos y éstos a su vez lo son de ríos más grandes.

#### 5.2. Fuentes de la Zona.-

En la zona de la localidad de San Rafael se cuenta con los siguientes recursos hídricos

##### Río Huallaga.

Ubicado en la parte inferior de la ciudad, la misma que está asentada al margen izquierdo del río, sus aguas van de sur a norte, es decir de Huariaca a Ambo.

De proveerse de este río sería necesario la construcción de un Caisson para poder así bombear el agua a un reservorio ubicado en la parte alta de la localidad. Este sistema sería muy costoso tanto por su construcción, implementación y mantenimiento.

##### Riachuelo Pomabamba.

Ubicado en la parte Sur-Este de la localidad, la cuenca de este riachuelo no cuenta con estaciones hidrológicas por ser pequeña, motivo por el cual no se cuenta con informaciones exactas de rendimiento.

Existe un canal del mismo nombre que el riachuelo, ubicado a-

unos 200 metros de la ciudad, que abastece a la hidroeléctrica y cuyo rebose de la cámara de carga es utilizado actualmente en el abastecimiento del agua.

En un aforo realizado por el método Sección-Velocidad en el mes de Enero de 1983 (mes de mayor lluvia), se dio un rendimiento de 173 lt/seg. Otro aforo realizado por el mismo método en el mes de Julio de 1983 (mes de mayor sequía) dio un rendimiento de 140 lt/seg.

Riachuelos Batán, Independencia, Molina, Cañachacra, Blanco - Huarichaca, etc.

Son riachuelos que por encontrarse relativamente lejos de la ciudad son descartados en el presente estudio, dado que elevaría tremendamente el Valor del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.

Lágunas.

Existen lagunas como Talinga, Chuncán, Chachacocha, Huascacocha, Vargo, Etc., pero todas ellas en la Cordillera Azul, muy alejado de la ciudad.

### 5.3. Conclusión.-

Luego de analizar las fuentes existentes, obtenemos como mejor solución, la de captar el agua del canal Pomabamba, derivado del riachuelo del mismo nombre que tiene como datos los siguientes :

- Rendimiento mínimo            140 lt/seg.
- Rendimiento máximo            173 lt/seg.

Actualmente la localidad de San Rafael cuenta con un pequeño sistema de abastecimiento de agua captada del aludido canal, siendo materia del presente proyecto la ampliación y mejoramiento de dicho sistema.

#### 5.4. Calidad del Agua.-

Está demostrado que existe relación directa entre calidad, cantidad de agua abastecida y número de casos de enfermedades en la población consumidora, en donde el agua actúa como "vehículo de transmisión" de agentes infecciosos.

Del mismo modo, el agua también interviene indirectamente en la transmisión de ciertas enfermedades como el paludismo, etc

El agua destinada a la población consumidora debe ser cristalina, incolora, agradable de sabor y olor, estar libre de microorganismos patógenos y de sustancias químicas que puedan afectar al hombre. Por lo cual debe cumplir con los "Requisitos mínimos de calidad", que se encuentran enumerados en las Normas o Internacionales para el agua potable.

La palabra "infectada" se emplea para señalar la contaminación del agua por organismos patógenos. Debe comprenderse que el agua en sí no está infectada, pero se ha vuelto infecciosa para sus consumidores debido a su contaminación por organismos patógenos en número suficiente para producir enfermedades.

##### 5.4.1. Normas de calidad de agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Es un reglamento que indica las características que debe reunir el agua para considerarla "inocua" y apta para consumo humano.

Agua inocua es aquella que no tiene consecuencias nocivas a la salud, considerándose como tal a aguas que :

- No estén contaminadas y que no sean capaces de infectar al hombre.
- Carecen de sustancias tóxicas.
- No contienen cantidades excesivas de material orgánico e inorgánico.

Las normas de Calidad clasifican a las aguas de consumo de acuerdo a las siguientes características : (Ver cuadro N° 5.1)

- Físico-químico.
- Bacteriológico.
- Viroológico.
- Radiológico.
- Biológico.

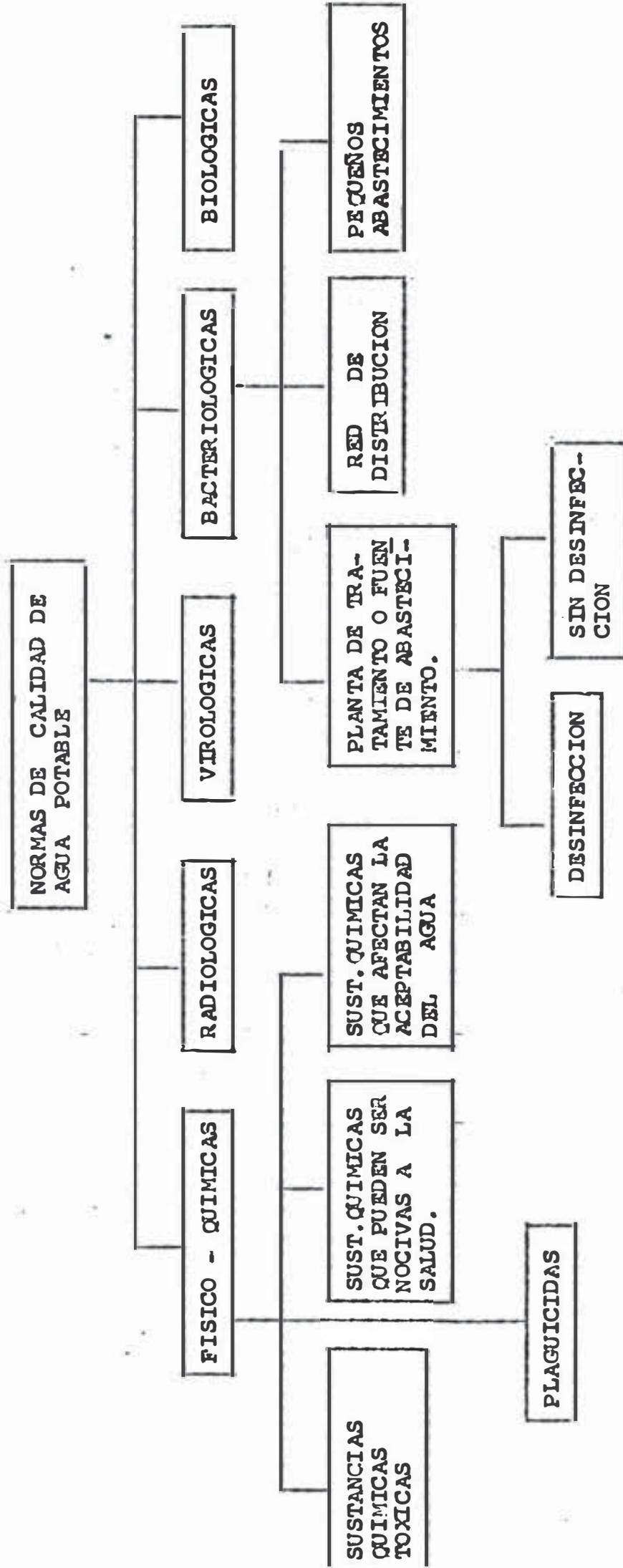
Algunas sustancias químicas presentes en el agua pueden causar daño a la salud de los consumidores, por lo cual las fuentes con valores mayores a lo recomendado deben ser desechadas y cambiadas por otras.

CUADRO 5.2.

LIMITES DE SUBSTANCIAS TOXICAS EN EL AGUA POTABLE

Substancia	Concentración Máxima
Arsénico.	0.05 mg/l como As

C U A D R O N ° 5.1



Substancia	Concentración Máxima
Cadmio.	0.01 mg/l como Cd
Cianuro.	0.05 mg/l como Cn
Mercurio.	0.001 mg/l como Hg
Plomo.	0.1 mg/l como Pb
Selenio.	0.01 mg/l como Se

Los compuestos que afectan la aceptabilidad del agua son aquellos que, sin poner en peligro la salud de los consumidores, pueden ocasionar rechazo a su utilización. En el cuadro N° 5.5 aparecen una lista de las substancias y su efecto en el hombre.

La calidad bacteriológica es sin lugar a dudas la característica de mayor importancia en cuanto al control de la calidad del agua para el abastecimiento doméstico.

La calidad del agua a la salida de la planta de tratamiento o fuente de abastecimiento debe ser controlado periódicamente y debe cumplir con las normas específicas en el cuadro N° 5.4

CUADRO 5.3

SUBSTANCIAS QUIMICAS QUE AFECTAN LA ACEPTABILIDAD DEL AGUA.

Substancia	Concentración Máx. Deseable	Concentración Máx. Admisible	Inconvenientes que pueden ocasionar.
Color.	5 unidades (a)	50 unidades (a)	coloración.
Olor.	no debe tener	no debe tener	olores

Substancia	Concentración Máx. Deseable	Concentración Máx. Admisible	Inconvenientes que puede ocasionar
Sabor.	no debe tener	no debe tener	sabores
Turbiedad.	5 unidades (b)	25 unidades (b)	posible irritación gástrica
Sólidos Totales.	500 mg/l	1,500 mg/l	sabor/irritación gástrica
PH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	sabor/corrosión
Detergentes.	0.2 mg/l	1.0 mg/l	sabor y espuma
Aceite.	0.01 mg/l	0.30 mg/l	sabor y olor
Compuestos fenólicos.	0.001 mg/l	0.002 mg/l	sabor en aguas cloradas.
Dureza total. (Ca CO <sub>3</sub> )	100 mg/l	500 mg/l	incrustación
Calcio (Ca)	75 mg/l	200 mg/l	sabor/corrosión
Cloruro (Cl)	200 mg/l	600 mg/l	sabor/corrosión
Cobre (Cu)	0.05 mg/l	1.5 mg/l	sabor/color/corrosión
Hierro (Fe)	0.1 mg/l	1.0 mg/l	sabor/color/turbiedad
Magnesio (Mg)	30 mg/l (c)	150 mg/l (c)	incrustación/sabor/irritación gástrica
Manganeso (Mn)	0.05 mg/l	0.5 mg/l	sabor/color/turbiedad
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l	irritación gástrica cuando hay sodio o magnesio
Zinc (Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l	sabor/turbiedad

(a) Escala cobalto-platino.

(b) Unidades normales de turbiedad.

(c) Se acepta magnesio en concentración de 30 mg/l o menos cuando el sulfato excede 250 mg/l. Si el sulfato es menor puede permitirse 150 mg/l de magnesio.

CUADRO 5.4

NORMAS BACTERIOLÓGICAS DE AGUA DISTRIBUIDA POR TUBERÍAS

A. Al entrar a la red de distribución.		
A.1 Agua clorada o desinfectada.		
Coliformes totales	0	NMP/100 ml.
Coliformes fecales	0	NMP/100 ml.
A.2 Agua sin desinfectar (a)		
Coliformes totales	3	NMP/100 ml.
Coliformes fecales	0	NMP/100 ml.
B. En la red de distribución.		
- En el curso del año el 95% de las muestras no deben tener coliformes totales.		
- Ninguna muestra debe tener coliforme fecal.		
- Ninguna muestra debe tener más de 10 coli totales como NMP/100 ml.		
- En ningún caso debe hallarse coliformes en 100 ml. de dos muestras consecutivas.		

(a) Las pruebas de control deben ser periódicas y frecuentes. La presencia de coliformes en dos muestras consecutivas no deben aceptarse.

En el caso de abastecimientos individuales o de pequeñas colectividades, las normas anteriormente descritas resultan inaplicables por razones económicas. Sin embargo, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores, se recomienda el uso de los límites fijados en el cuadro N° 5.5.

CUADRO 5.5

NORMAS BACTERIOLOGICAS DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS INDIVIDUALES  
O DE PEQUEÑAS COLECTIVIDADES (b)

Coliformes totales .....	10 NMP/100 ml.
Coliformes fecales .....	0 NMP/100 ml.

(b) La presencia de coliformes puede reducirse a menos de 10-organismos mediante medidas sencillas de protección de la fuente o de la red de distribución.

DIRECCION DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

P.A.A. : <b>P.N.A.P.R</b>	DIRECCION : <b>INGENIERIA SANITARIA</b>
N° de Referencia : <b>011-78</b>	Realizado Por : <b>Oscar Mejía P.</b>
Localidad..... <b>San Rafael</b> ..... Distrito..... <b>San Rafael</b> .....	Provincia..... <b>Acho</b> ..... Departamento..... <b>Huancabamba</b> .....
Nombre de la fuente. <b>Canal</b> ..... Pnto de muestreo... <b>Canal</b> ..... Tomado Por..... <b>H. Briceña</b> .....	Fecha/hora de muestreo..... <b>16-2-78.. 3.00 pm</b> Fecha/hora de recepción..... <b>10-3-78.. 9.00 am</b> Fecha/hora inicio análisis. <b>14-3-78 10.30 am</b>
ASPECTO..... <b>Cristalino</b> ..... COLOR..... <b>0</b> .....Unid. de Color (Escala Pt-Co) OLOR..... <b>Inodoro</b> ..... SABOR..... <b>Insípido</b> ..... TURBIEDAD..... <b>0,1</b> .....U.T.J. (Unidad Técnica de Jackson) pH..... <b>7,0</b> .....a la temperatura de... <b>24,58°C</b> ..... RESIDUO TOTAL..... <b>48</b> .....mg/l por secado a..... <b>180°C</b> ..... SOLIDOS DISUELTOS. <b>42</b> .....mg/l por secado a..... <b>180°C</b> .....	
Acidez (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>12</b> .....mg/l Alc. Fenolft. (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>0</b> .....mg/l Alc. Total (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>18</b> .....mg/l Óxido de Carbono(CO <sub>2</sub> )..... <b>3,75</b> .....mg/l	Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>12</b> .....mg/l Dureza Cálcica (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>8</b> .....mg/l Dureza Magnésica (CaCO <sub>3</sub> )..... <b>4</b> .....mg/l Oxígeno consumido por KMnO <sub>4</sub> ..... <b>.....</b> .....mg/l

DIRECCION DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

011-78

CATIONES EN mgs/lt.	ANIONES EN mgs/lt.
Hierro (Fe <sup>++</sup> ).....0.228.....	Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) .....4.....
Manganeso (Mn <sup>++</sup> ).....0.000.....	Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> ).....0.....
Calcio (Ca <sup>++</sup> ).....3.....	Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....0.000.....
Magnesio (Mg <sup>++</sup> ).....0.973.....	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....0.000.....
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ).....0.....
	Hidróxidos (OH <sup>-</sup> ).....0.....
	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....22.....

Observaciones : .....

Lima, ...22 de Marzo de 1978.....

DIRECCION DE INGENIERIA SANITARIA  
DPTO. DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

ALFONSO FIGUEROA VUELLO  
INGENIERO I.P.S.

11-  
31/jtv.



Dirección de Operación y Mantenimiento

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL AGUA

INFORMACION GENERAL

REMITENTE : ING<sup>o</sup> HELMO A. RODAS CHIRINOS  
 LOCALIDAD : SAN RAFAEL -- HUANUCO  
 FUENTE DE ABASTECIMIENTO: CANAL POMABAMBA  
 TIPO DE AGUA : CRUDA  
 RECOLECTADO POR : ING<sup>o</sup> HELMO A. RODAS CHIRINOS

	FECHA	HORA
RECOLECCION	20.10.81	08.00
LLEGADA AL LABORATORIO	20.10.81	12.00
INICIO DE LOS ANALISIS	21.10.81	10.00
TIEMPO DE LOS ANALISIS	23.10.81	16.00

RESULTADOS

1.- TURBIDEZ	25 UJ
2.- COLOR	9 U. std
3.- OLOR	No Tiene
4.- SABOR	No Tiene
5.- PH	7.7 p.p.m.
6.- ALCALINIDAD	20 p.p.m.
7.- DUREZA TOTAL	10 "
8.- CLORUROS	20 p.p.m.

OBSERVACIONES:

PROYECTO "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAN RAFAEL".

ANALISIS REALIZADO POR : SR. SORIANO BECERRA R.

VºBº

ING<sup>o</sup> JEFE

LABORATORIO - HUANUCO.



## CAPITULO VI

### 6. INGENIERIA DEL PROYECTO.

#### 6.1. ABASTECIMIENTO ACTUAL.

San Rafael cuenta con un deficiente sistema de agua potable, construido por la comunidad el año 1959. Consta de toma, se dimentador, reservorio, línea de aducción y red de distribución.

Captan aguas del canal Pomabamba, de un riachuelo del mismo nombre. La alimentación del sistema es en realidad el rebose por cierto abundante, de las aguas destinadas a la Central Hidroeléctrica de la población. El canal en mención tiene - revestimiento de concreto en casi toda su longitud (aproximadamente 300 m.).

La toma es un simple canal que empalma directamente a una tubería de  $\emptyset$  3" de la línea de conducción.

El sedimentador se encuentra semienterrado, es de concreto ciclópeo, siendo sus medidas interiores : 8.24 x 2.96 m. de sección y 2.70 m. de altura. La estructura tiene dos compa rtimientos de 4.92 x 2.96 m. y 2.45 x 2.96 m. de sección, res pectivamente, separados por una pantalla de concreto de 2.96 x 2.40 x 0.17 m. con orificios que permiten el paso del agua

El espesor de las paredes es de 0.30 m. en su parte superior y de aproximadamente 0.70 m. en la parte inferior. El sedimentador posee además vertederos de entrada y salida, se en-

cuentra en buen estado.

El reservorio de almacenamiento es de concreto ciclópeo apoyado, de 90 m<sup>3</sup>. de capacidad. Es de forma tronco-piramidal, siendo sus dimensiones 7.64 x 4.26 m. de sección y 2.80 m. de altura (medidas interiores) siendo 0.50 m. el espesor de los muros en su parte superior. La losa de cubierta es de concreto armado de 0.30 m. de espesor. Tiene un buzón de inspección con tapa metálica de 0.60 m. de diámetro.

El reservorio en general se encuentra en buen estado aunque carece de escalera y caseta de válvulas.

Con respecto a la línea de conducción y red de distribución, existen tuberías de asbesto-cemento y fierro galvanizado, tendidos a lo largo del sistema. Los diámetros varían entre 2" y 4". Por su vejez y estado, se descartan todas las tuberías.

En resumen, las únicas estructuras aprovechables son el sedimentador y el reservorio.

## 6.2. ALTERNATIVA PROPUESTA.

Luego de analizar las fuentes existentes, deducimos que la mejor solución es la de captar el agua del Canal Pomabamba, derivado del riachuelo del mismo nombre.

Como actualmente la ciudad de San Rafael cuenta con un pequeño sistema de abastecimiento de agua captada del canal Pomabamba, será materia del presente proyecto la ampliación y mejoramiento de dicho sistema.

### 6.3. COMPONENTES DE LA ALTERNATIVA.

Los componentes de la alternativa propuesta son

- I. Captación del Canal Panabamba.
- II. Línea de Conducción comprendida entre la captación, la -  
planta de tratamiento y el reservorio.
- III. Planta de tratamiento :
  - Mejoramiento del sedimentador existente.
  - Diseño de un filtro lento modificado.
- IV. Mejoramiento y ampliación del reservorio existente.
- V. Línea de Aducción.
- VI. Red de Distribución.

### 6.4. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA.

#### 6.4.1. Captación. -

Se construirá una caja de captación de 1.30 x 0.50 m. de sección. En el interior se instalará un vertedero triangular - de 90° constituido por una plancha de fierro de 0.54 x 0.35- m.

Para obtener el caudal necesario, el caudal máximo diario de 8.1 lps. el tirante de agua será 12.3 cm. medidos a partir - del vértice inferior del triangular en el vertedero. Se instalará además un aliviadero para eliminar el exceso de agua.

#### 6.4.2. Línea de Conducción. -

Es una tubería encargada de conducir el agua desde la captación hasta el reservorio de almacenamiento. Esta línea se -

diseña para conducir el caudal máximo diario. Debido a la existencia de una planta de tratamiento, se calculará por tramos, teniendo en cuenta que no existe sifonaje y una presión máxima de 50 m.

1er. Tramo : De la captación al sedimentador existente.

Cota de la captación	2760 m.s.n.m.
Cota del sedimentador	2759.2 m.s.n.m.
Longitud	50 m.
Altura disponible	0.8 m.
Máxima pendiente disponible	16 ‰

Luego :

$$Q = 8.1 \text{ lps.}$$

$$S = 16 \text{ ‰} \quad \varnothing 4''$$

$$C = 140$$

La pendiente y velocidad real, la calculamos con la fórmula de Hazen - Williams.

$$Q = 0.000426 C D^{2.63} S^{0.54}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

Reemplazando valores, tenemos :

$$S = 10.39 \text{ ‰}$$

$$V = 1.03 \text{ m/seg.}$$

2do. Tramo : Del sedimentador a los filtros.

Cota sedimentador	2759.2 m.s.n.m.
Cota filtros	2754.5 m.s.n.m.

Altura disponible	4.7 m.
Longitud	25 m.
Máxima pendiente disponible	188 ‰

Luego :

$$Q = 8.1 \text{ lps.}$$

$$S = 188 \text{ ‰} \quad \varnothing 4''$$

$$C = 140$$

La pendiente y velocidad real son

$$S = 40$$

$$V = 1.8 \text{ m/seg.}$$

3er. Tramo : De los filtros al reservorio existente.

Cota filtros	2754.5 m.s.n.m.
Cota reservorio	2733.65m.s.n.m.
Altura disponible	20.85 m.
Longitud	130.00 m.
Máxima pendiente disponible	160.38‰

Luego :

$$Q = 8.1 \text{ lps.}$$

$$S = 160.38 \text{ ‰} \quad \varnothing 3''$$

$$C = 140$$

La pendiente y velocidad son

$$S = 40‰$$

$$V = 1.8 \text{ m/seg.}$$

#### 6.4.3. Planta de Tratamiento.-

##### INTRODUCCION.

En la mayoría de los países latinoamericanos, las comunidades rurales tienen un nivel socio-cultural muy bajo y muy escasos recursos económicos y materiales. Por otro lado, la filtración lenta es el procedimiento más simple que existe para tratar las aguas los recursos de las comunidades en referencia son demasiado escasos para su implementación con las características tecnológicas hasta ahora utilizadas. Consecuentemente, se ha visto la necesidad de simplificar los diseños para que estén de acuerdo con la capacidad existente para construir, operar y mantener estos sistemas, de tal modo que puedan cumplir realmente su objetivo y no terminen siendo abandonados por falta de recursos adecuados.

#### 6.4.3.1. Estudios Preliminares.

El objetivo de esta etapa de estudios es el de reunir la información necesaria para ejecutar el diseño de la planta. Entre la información importante a determinar para este fin, se encuentra el estudio del medio ambiente (cuenca, clima, agua y ubicación de la planta), de los recursos, costumbres y creencias de la comunidad y de los problemas de salud que puedan derivarse del agua.

Los factores básicos para el estudio, como la población, dotación y período del diseño, normalmente se determinan durante la elaboración del proyecto general de abastecimiento llegándose al estudio de la planta con producto de estos :- el caudal, razón por la cual no se discuten en el presente acápate.

En relación a la dotación, existen recomendaciones generales fruto de experiencias en diferentes países, sin embargo se recomienda efectuar estudio específico en cada comunidad o grupo de comunidades con características similares de raza, costumbres o clima (comunidades andinas, selváticas o costeras), para determinar la dotación adecuada.

En cuanto al período de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos (economía de escala) y técnicos (continuidad de servicios), se considera aceptable un lapso de 8 a 10 años. Adicionalmente a este período neto de elaboración del sistema, deberá apreciarse en cada caso el tiempo necesario para elaborar el proyecto, trámites de financiación o licitación si fuera el caso; y, por último, el tiempo de construcción.

(I) CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO AMBIENTE

Comprende específicamente el estudio del medio conformado por el clima, la cuenca, el agua, y de las características del lugar de ubicación de la planta.

(II) CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA :

Comprende el estudio de las variaciones de temperaturas y régimen de lluvias. Las variaciones de temperatura influyen mucho en el comportamiento de los procesos y las lluvias en las características del agua.

(III) CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA :

Este estudio consiste en una detallada inspección de la

cuenca para determinar el grado de forestación y de uso que ésta tiene información muy valiosa en la interpretación de los análisis del agua. En una cuenca sin vegetación es posible que las lluvias produzcan un fuerte arrastre de material hacia el curso de agua, pudiéndose esperar altos valores de turbiedad en estas épocas. Por el contrario, una intensa vegetación puede ser índice de problemas de color.

También el tipo de uso que tiene la cuenca puede dar un indicio de la clase de contaminación que podemos encontrar en el agua. En las zonas rurales, es posible encontrar a lo largo de los cursos de agua, zonas donde se talan árboles y/o se aserra la madera, terrenos en cultivo, camales, minas carreteras y crianza de ganado.

(IV) CARACTERISTICA DEL AGUA.

Este punto se trata en el capítulo V.

(V) SELECCION DEL PUNTO DE UBICACION DE LA PLANTA :

Esta selección debe efectuarse teniendo en cuenta que la ubicación que se dé a la planta debe reunir las siguientes condiciones :

\* Facilidad de acceso. Debe seleccionarse la alternativa de ubicación que ofrezca mejores vías de comunicación para facilitar su posterior construcción, operación y mantenimiento.

\* Ausencia de agua subterránea, o bien de muy profunda localización. Este factor en conjunto con la presencia de un

buen tipo de suelo, de fácil compactación y talud muy estable, facilita la implementación de soluciones excavadas de muy bajo costo.

- \* La zona debe ser segura, no expuesta a riesgos naturales o humanos. Deberá estudiarse la posibilidad de derrumbes deslizamientos de terreno, aludes, exposición a fuertes vientos y temporales, inundaciones. Si la zona es sísmica deberá investigarse la existencia de fallas en la cercanía y elegir la ubicación que geológicamente ofrezca la mayor seguridad.
- \* El terreno seleccionado de ser posible, deberá tener una pendiente natural de 5 a 10%, para facilitar la localización de las unidades evitando la formación de terrazas.

(VI) CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNIDAD :

Dentro de este aspecto deberán efectuarse estudios sociológicos para investigar costumbres y creencias que puedan afectar la aceptación del sistema por parte de la comunidad y se deberán comprobar los datos demográficos existentes.

El conocimiento de los recursos humanos y materiales disponibles en la localidad es de vital importancia para la adecuación del diseño del sistema a estos factores.

En relación a los recursos humanos, es importante determinar cuál es el más alto nivel de escolaridad, técnico o de artesanía, como : carpinteros, albañiles, mecánicos o gasfiteros existentes en la comunidad. Donde no se cuente con -

mano de obra calificada, y el único personal disponible tenga apenas los primeros grados de escolaridad, los sistemas implementados, deberán ser muy elementales en su concepción y requerir de una operación y mantenimiento prácticamente nula.

Deberán determinarse los recursos materiales disponibles para la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de filtración lenta, con la finalidad de seleccionar el tipo de unidad que mejor se adecúe a los recursos existentes.

Los recursos materiales necesarios para la implementación de filtración lenta son los siguientes :

1) Materiales de construcción.

- cemento.
- arena
- ladrillo
- piedra triturada
- tubería (arcilla, cemento, hierro, plástico, etc).
- madera (indicar clases de madera disponible)
- accesorios para tuberías
- válvulas
- tanques de asbesto-cemento prefabricados
- compuertas de madera

2) Suministros para operación y mantenimiento.

- arena para lecho filtrante (indicar distancia al banco de arena más cercano).
- conchilla.

- grava graduada (para soporte de lecho filtrante)
- hipoclorito de calcio, HTH, polvo blanqueador
- mallas de alambre para fabricar tamices para clasificar la arena
- corriente eléctrica o grupo electrógeno

(VII) ASPECTOS DE SALUD :

Estudiar la existencia de enfermedades de origen hídrico y presencia de vectores.

6.4.3.2. Diseño de las Unidades de la Planta de Tratamiento.

Acondicionamiento Previo:

Se consideran dentro de esta clasificación a todas aquellas unidades destinadas a eliminar sólidos gruesos y arenas.

Dentro de este tipo de unidades tenemos a las rejas, rejillas y desarenadores.

(I) DESARENADORES :

Unidades de acondicionamiento de flujo continuo, en las cuales el agua es retenida el tiempo necesario para que sedimenten las partículas de arena ( 0.001 cm. ).

a. Descripción.- Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas con la finalidad de describirla :

Zona de entrada : Consistente en una transición que une el canal o tubería de llegada de la captación con la zona de sedimentación o de desarenación. Tiene como función el conseguir una distribución más uniforme de las -

líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad. Se consideran dos compuertas en la entrada para orientar el flujo hacia la unidad o hacia el canal de by-pass durante la operación de limpieza.

Zona de desarenación.- Parte principal de la unidad - consistente en un canal con pendiente en el fondo para facilitar la limpieza.

Zona de salida.- Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altera el reposo de la arena sedimentada.

Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada.- Constituida por una tolva con pendiente de 10% - para impulsar el deslizamiento de la arena hacia un canal de 0.10 de alto por 0.30 m. de ancho, que facilita su salida a través de la compuerta de igual sección hacia la caja de desagüe.

CUADRO 1

CRITERIOS DE DISEÑO PARA DESARENADORES

PARAMETROS	VALORES	SIMBOLOS
Período de retención (min)	10-30	V/Q
Carga superficial (m/d)	8640-13	Q/A
Velocidad en el vertedero de salida (m/s)	1.0	$2 Ha^{1/2}$
Profundidad promedio (m)	0.40-0.70	$\frac{H+H_1}{2}$

PARAMETROS	VALORES	SIMBOLOS
Relación largo/ancho.	5 -10	$\frac{L}{B}$
Relación largo/profundidad.	10-20	$\frac{L}{H}$

PRETRATAMIENTO :

Llamamos unidades de pretratamiento, dentro de una planta - de filtración lenta, a todas aquellas que mediante procesos físicos, acondicionan la turbiedad del agua dentro de los - límites aceptables por un filtro lento. Se consideran dentro de esa clasificación los presedimentadores, sedimentadores, prefiltros gruesos o de grava y filtros gruesos.

(II) SEDIMENTADORES :

Estas unidades tienen como función la remoción de partículas en suspensión.

La figura 6.1 muestra una unidad convencional de forma rectangular y flujo horizontal. Este tipo de unidad, por su - simplicidad, es la más recomendable para el medio rural.

a. Descripción.- La unidad descrita a continuación es el sedimentador convencional de flujo horizontal.

Zona de entrada : Constituida por una estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador. Esta estructura - está compuesta por un vertedero y una pantalla de perfor-

# SÉDIMENTADOR CONVENCIONAL.

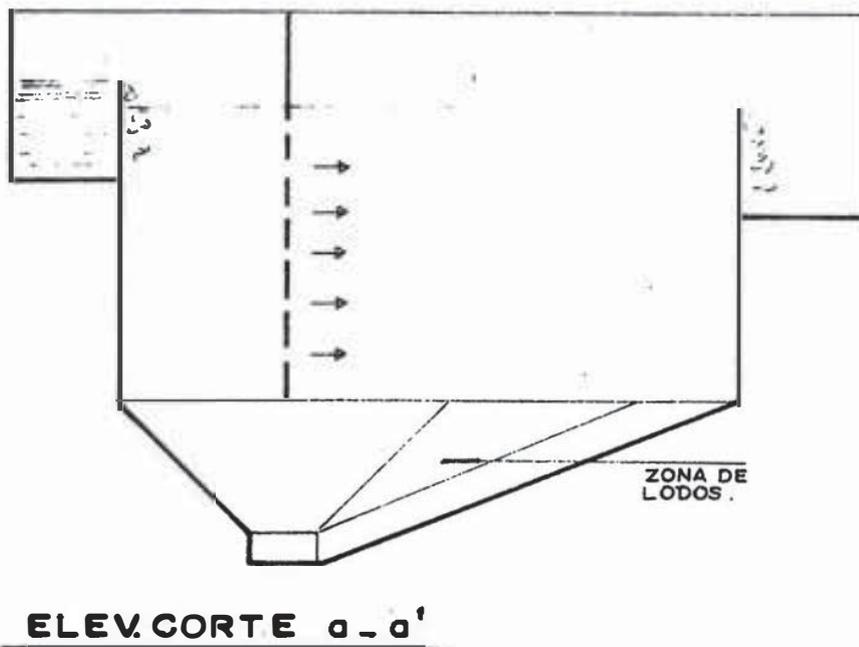


Fig. 6.1

raciones (cortina de distribución).

Zona de sedimentación.- Canal rectangular que debe proporcionar el volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas.

Zona de salida.- Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

Zona de recolección de lodos.- Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

b) Recomendaciones de diseño.-

1. Las unidades de sedimentación simple (sin coagulación) solamente son eficientes para remover partículas en suspensión, es decir, aquellas de tamaño superior a una micra (0.00001 cm.).
2. Se recomienda determinar la velocidad de sedimentación ( $V_s$ ) y la eficiencia a obtenerse utilizando una columna de sedimentación de 1.50 m. aplicando el procedimiento clásico.
3. Estas unidades trabajan en forma eficiente con turbiedades de hasta 1,000 UN; valores mayores crean interferencias en el proceso, disminuyendo su eficiencia.  
  
En estos casos, se deberá incrementar el período de retención o diseñar un procedimiento para que tome el exceso.

4. Se recomienda ubicar la pantalla perforada entre 0.60 a 1.00 m. de distancia a la pared de entrada ( $L_1$ ). - Los orificios más altos deben estar a  $1/5$  ó  $1/6$  de la altura ( $H$ ) a partir de la superficie del agua, y los más bajos entre  $1/4$  y  $1/5$  de ( $H$ ) a partir del fondo.
5. Se sugieren velocidades en los orificios no mayores - de 0.10 a 0.15 m/s y el máximo número de perforaciones, con el objeto de minimizar la longitud de los - chorros de agua para que no creen perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
6. Se recomiendan velocidades horizontales menores de - 0.55 cm/s.
7. Azevedo Netto recomienda dar a los orificios sección circular o cuadrada y aboquillarlos incrementando su sección en la dirección del flujo ( $15^\circ$ ), con lo cual mejora el funcionamiento hidráulico.
8. Se sugiere considerar un diámetro mínimo de 8" para - la tubería de evacuación de lodos.
9. Se recomienda diseñar la sección de la compuerta de - evacuación mediante el siguiente criterio :

$$A_2 = \frac{As}{4850} \frac{H}{t}$$

donde ( $t$ ) es el tiempo de vaciado en horas y ( $A_2$ ) la sección de la compuerta.

10. Se sugiere dar al fondo de la unidad pendientes de 5- a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
11. Se recomienda diseñar un vertedero de alivio que regu

le el caudal de agua a ser tratado en la unidad, evitando que éste se vea incrementado durante la operación, lo cual traería como consecuencia una disminución de la eficiencia remocional.

c) Criterios básicos de diseño.

En el cuadro 1 se sintetizan los criterios básicos para el diseño de este tipo de unidades.

CUADRO 1  
CRITERIOS DE DISEÑO PARA SEDIMENTADORES

PARAMETROS	VALORES	SIMBOLOS
Tiempo de retención (h)	2-6	V/Q
Carga superficial (m/d)	2-10*	Q/A
Carga en el vertedero en m <sup>3</sup> /h/m	3-10	Q/L
Profundidad	1.5-2.5	H
Relación largo/ancho	4-6	L/B
Relación largo/profundidad	5-20	L/H

(\*). Estos valores sólo son referenciales.

En la práctica se calcularán de acuerdo a las características físico-químicas del agua.

(III) FILTRO LENTO MODIFICADO :

Esta unidad está dotada de un vertedero a la salida del efluente, cuya función es la de establecer una altura mínima de agua sobre el lecho filtrante. A medida que progresa la

colmatación del medio filtrante, la pérdida de carga se incrementa y consecuentemente la altura de agua sobre la arena, hasta llegar a un nivel máximo regulado por un vertedero de rebose, o aliviadero. Manteniendo el caudal de entrada y la sección de la unidad constantes, es posible obtener un filtro lento de velocidad constante y carga variable sin necesidad de ningún elemento adicional de control.

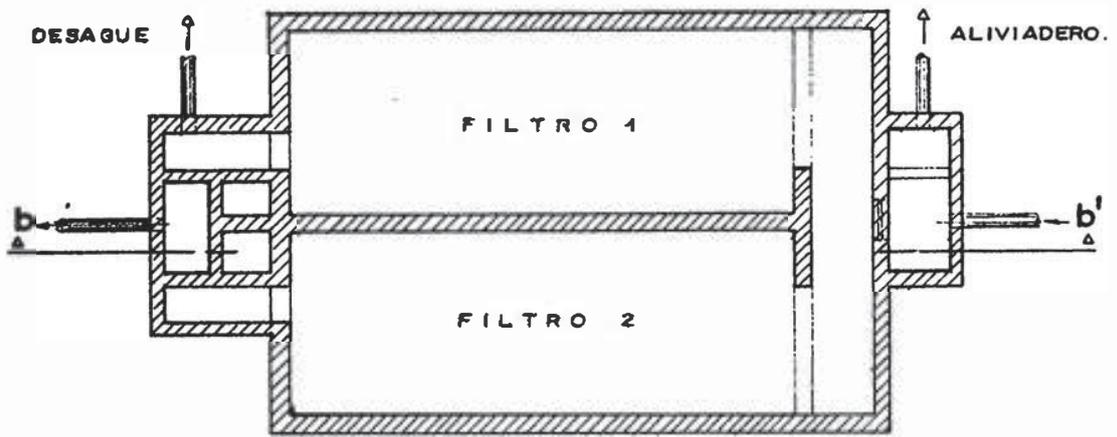
La figura 6.2 muestra dos diseños de un filtro lento modificado; el diseño (a) un filtro lento de sección rectangular, que puede construirse en concreto armado, ciclópeo o ladrillo armado. El diseño (b) una solución sumamente económica factible de implementar cuando se tiene terreno de talud estable y agua subterránea profunda, para que no ejerza empuje sobre la estructura haciéndola reflotar. En este caso es suficiente impermeabilizar el interior de los taludes y el fondo de la unidad, colocando una malla de alambre y una capa de mortero de 5 a 6 cm. de espesor. Este procedimiento es conocido con el nombre de ferrocemento.

Donde se necesitan unidades pequeñas, resulta muy económico también adoptar secciones circulares desarrolladas en ladrillo armado, ferrocemento, fibra de vidrio o planchas metálicas (figura 6.3).

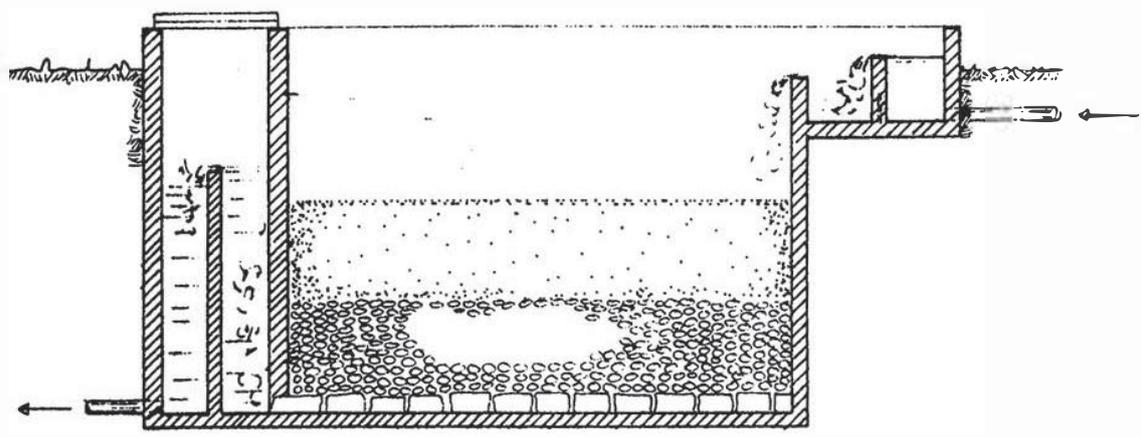
En áreas de muy escasos recursos y aguas de relativamente buena calidad, es posible implementar algunas de las unidades que se muestra a continuación.

La solución de la figura 6.4 muestra un diseño integrado de

FILTRO LENTO MODIFICADO.



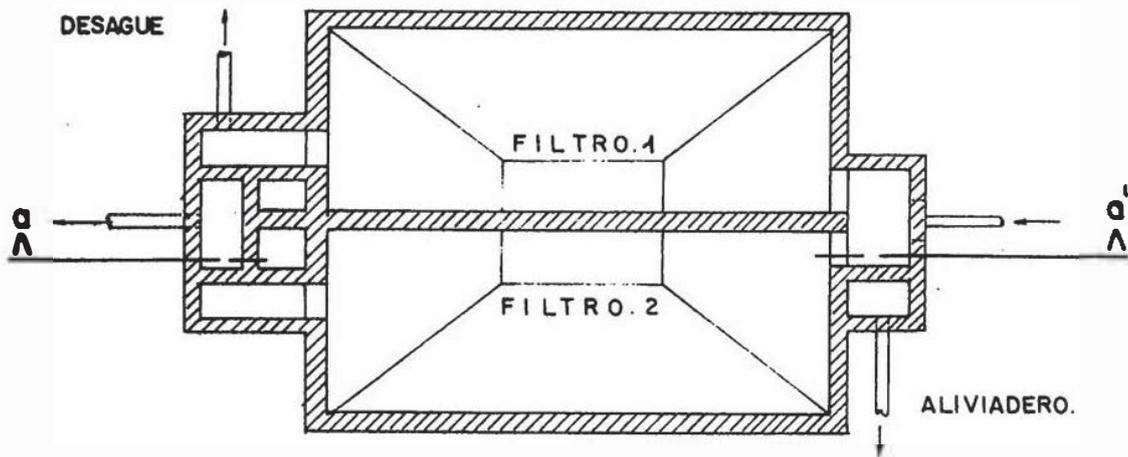
PLANTA.



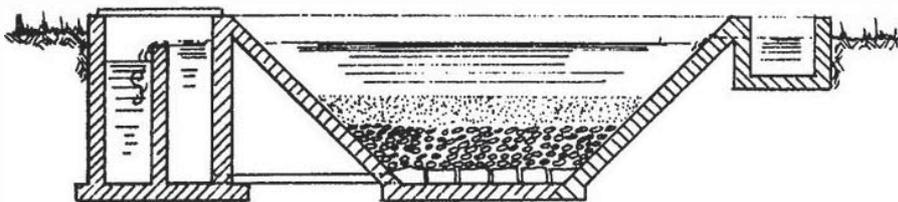
ELEV. CORTE b-b''

Fig. 6.2(a)

FILTRO LENTO MODIFICADO.



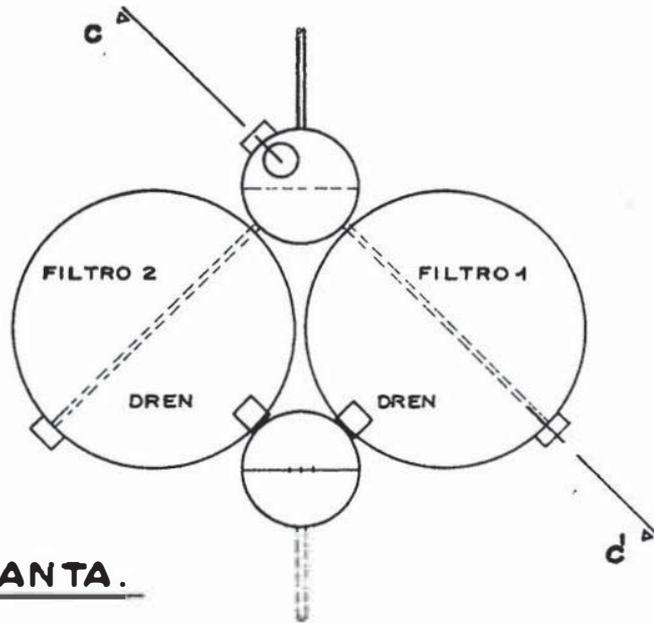
PLANTA.



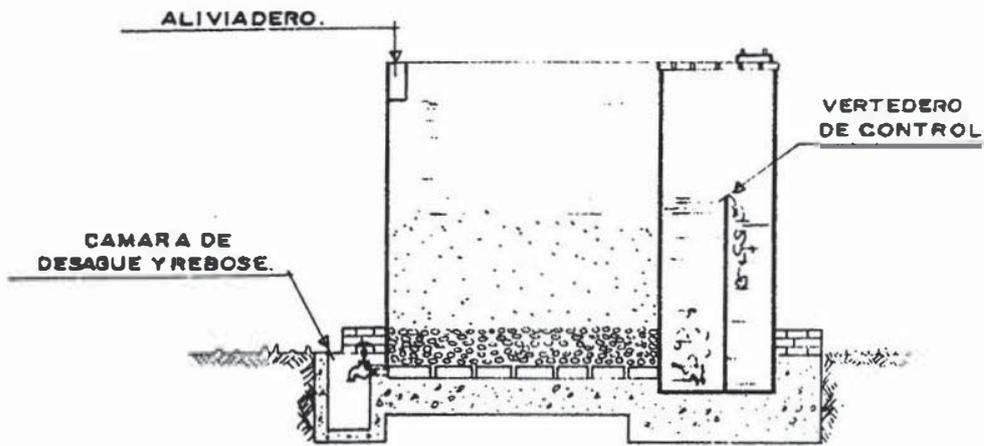
ELEV. CORTE a - a

Fig. 6.2(b)

FILTRO LENTO MODIFICADO.



PLANTA.



ELEV. CORTE c - c'

Fig. 6.3

# FILTRO CHINO.

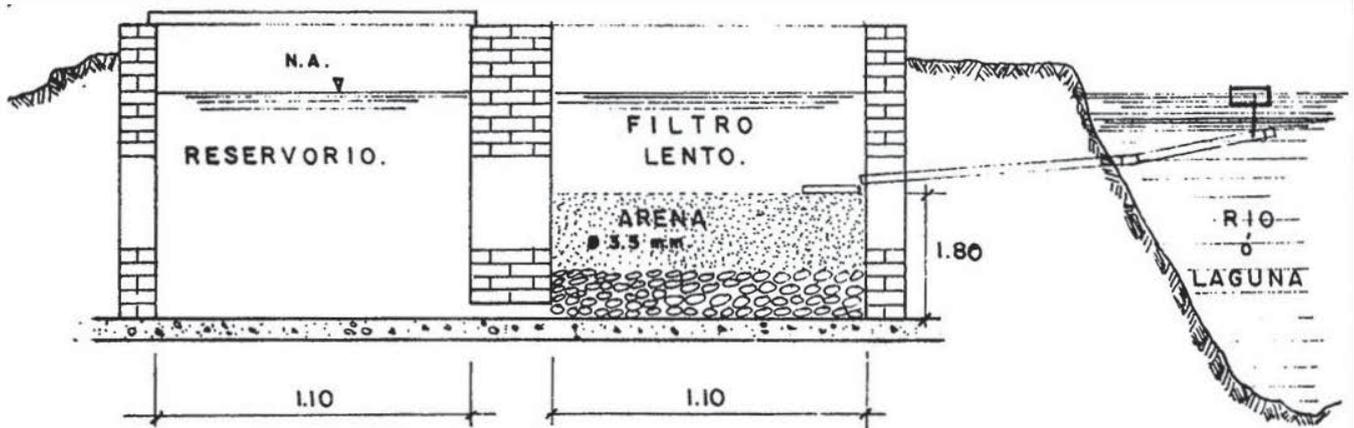


Fig. 6.4

captación, filtro lento y reservorio de aguas claras. La captación se efectúa mediante un conducto de bambú sujeto a un flotador y con una unión de jebe para que se adapte a las variaciones de nivel del curso de agua. El filtro lento y el reservorio son de sección circular y contruídos de ladrillo.

#### Descripción.

Esta descripción corresponde al filtro de la figura 7.6, cuyo dimensionamiento se efectúa a continuación.

- a. Estructura de ingreso.- Consistente en una caja de llegada con un vertedero triangular para medición del caudal, un vertedero de alivio con su respectiva caja y un canal de distribución a las unidades de filtración lenta. Este canal está provisto de compuertas de mano para sacar de funcionamiento la unidad que precise de mantenimiento y de un vertedero rectangular de ingreso para cada filtro lento.
- b. Cajas de filtro.- Se diseñan en un mínimo de dos y están compuestas por :
  - Un sistema de drenaje constituido por drenes, o ladrillos acomodados conformando canales.
  - Una capa de grava graduada de 0.30 m. de espesor.
  - Una capa de arena de 1.20 m. de altura.
  - Una altura de 1.20 m. para carga de agua.
  - Un borde libre de 0.40 m.
- c. Estructura de salida.- Esta estructura comprende

- Un vertedero rectangular de alivio, para controlar el nivel máximo de trabajo en cada filtro.
- Dos cajas de desagüe (una por unidad).
- Dos cámaras de salida con un vertedero rectangular de control de nivel mínimo en cada cámara con su respectiva compuerta manual para anular la salida al reservorio de aguas claras.
- Una compuerta para intercomunicar las cámaras de salida.
- Una cámara de reunión para el efluente de los filtros.
- Opcionalmente, un canal de intercomunicación de las cámaras de desagüe.
- Dos orificios rectangulares para eliminar el filtrado inicial.

#### RECOMENDACIONES DE DISEÑO :

A continuación se resumen los criterios de diseño recomendados para un filtro lento modificado, relacionados con el medio filtrante, capa soporte, sistema de drenaje, caja de filtro, controles e instalaciones accesorias.

##### a. Medio filtrante.

- 1) Debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, de preferencia, libres de arcilla y materia orgánica.
- 2) De ser posible la arena debe lavarse, procedimiento con el que también se eliminan los granos más finos disminuyendo el coeficiente de uniformidad y elevando

- el diámetro promedio de los granos de arena.
- 3) No debe contener más de 2% de carbonatos de calcio y magnesio para evitar que se produzcan cavitaciones en el medio filtrante al ser atacados estos elementos - por aguas en alto contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
  - 4) Idealmente, el diámetro efectivo de la arena (d<sub>10</sub>) debe ser lo suficientemente pequeño para asegurar un efluente de buena calidad y para prevenir que la materia orgánica penetre a tal profundidad que no sea posible retirarla mediante el raspado de la superficie. Experimentalmente se ha encontrado que este diámetro efectivo es del orden de 0.15 - 0.35 mm.
  - 5) Un diámetro efectivo mínimo de 0.10 mm. se recomienda para aguas claras con alto contenido bacteriológico.- Para aguas muy turbias, en cambio, se recomienda un diámetro efectivo de 0.40 mm.
  - 6) El espesor del lecho filtrante idealmente debe determinarse experimentalmente en cada caso. Sin embargo, existe un espesor mínimo para garantizar su funcionamiento que es el del orden de 0.70 m. y teniendo en cuenta que en 5 años de funcionamiento se retiren - 0.50 m. de arena mediante los raspados sucesivos, se recomienda una altura de diseño de 1.20 a 1.40.
  - 7) Se recomienda un coeficiente de uniformidad (CU) menor de 3 para que los poros sean lo bastante regula-

res que aseguren una buena porosidad. Lo ideal es diseñar en un rango de 1.8 a 2.0, mínimo 1.5 por problemas económicos.

- 8) Se pueden usar otros tipos de materiales para el lecho filtrante, como fibra de coco y cáscara de arroz quemada. Las investigaciones realizadas al respecto recomiendan un tamaño efectivo de 0.56 mm. y coeficiente de uniformidad de 1.55 para el uso de la cáscara de arroz quemada. Con este material se puede obtener carreras de filtración, un 60% más largas que con la arena.

b. Capa soporte.

- 1) Constituida por grava graduada con especificaciones similares a las palicadas al medio filtrante. Las piedras deben ser duras y redondeadas, con un peso específico de por lo menos 2.5 libras de arena, limo y materia orgánica. De ser posible, debe lavarse para ser asegurada su limpieza. No más de 5% en peso debe perderse al sumergirla por 24 horas en ácido clorhídrico.
- 2) Su función es evitar que el material filtrante se pierda a través del drenaje y asegurar una abstracción uniforme del agua filtrada, sobre todo cuando se ha previsto un número muy limitado de drenes.
- 3) La capa de grava debe diseñarse teniendo en cuenta dos valores límites : el tamaño de los granos de are-

na en contacto con ésta para decidir el diámetro de la grava más fina y las características del drenaje para seleccionar el tamaño de la grava más gruesa.

- 4) Teniendo en cuenta los criterios recomendados por Huismán se ha hecho un estudio de los diámetros y alturas de las capas de grava para un rango de arena cuyos diámetros efectivos ( $d_{10}$  - varían entre 0.10 y 0.40 mm. que son los límites máximos empleados en un filtro lento). El cuadro 1 muestra los resultados de este estudio indicado para cada capa un rango mínimo para arenas finas y un rango máximo para arenas gruesas.

CUADRO 1

GRANULOMETRIA DE LA CAPA SORORTE

CAPAS	DIAMETROS (mm)		ALTURAS (cm)
	Mínimos	Máximos	
1	0.5-2.0	1.5-4.0	5
2	2.0-2.5	4.0-15.0	5
3	5.0-20.0	10.0-40.0	10

c. Drenaje.

- 1) La recolección del agua filtrada se efectúa mediante el sistema de drenaje, el cual puede estar conformado por drenes, o ladrillos de construcción.
- 2) Los tubos de drenaje están compuestos de un dren prin

principal y ramificaciones o drenes laterales a partir de la salida del agua filtrada.

- 3) Los drenes laterales se unirán al principal mediante tees o cruces y podrán ser de concreto, de cerámica o de PVC.
- 4) Se instalarán los drenes laterales, dejando juntas abiertas de 2 cm. o se efectuarán orificios de 2 a 4 mm. de diámetro, separados entre sí de 0.10 a 0.30 m. y dispuestos en la parte inferior de los drenes.
- 5) La separación entre drenes laterales sería de 1/16 de su longitud o como máximo de 2.5 m. Con respecto a la pared, se considera una separación de 1/32 de su longitud o como máximo de 1.25 m.
- 6) El dimensionamiento de los drenes se efectuará con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de éstos no sobrepase de 0.30 m/s.
- 7) Pérdida de carga producida por los drenes, no debe exceder de un 10% (5-15% como límites máximos) de la pérdida de carga del medio filtrante, cuando la arena está limpia y su altura es mínima (después de sucesivos raspados).
- 8) Cuando se diseñen drenajes de ladrillo de construcción se deberán asentar éstos con mortero cuando los filtros estén localizados en zonas sísmicas. En caso contrario, se pueden acomodar simplemente formando canales.
- 9) Los ladrillos que techan los canales, en todos los ca

sos, irán simplemente superpuestos dejando ranuras de 2 cm. para que pase el agua filtrada. Las pérdidas de carga que se producen con este sistema son tan pequeñas que no se toman en cuenta.

d. Caja de filtro.

- 1) Se deberán diseñar por lo menos dos unidades (N) funcionando en paralelo, cuando la población sea menor de 2,000 habitantes. Sin embargo, esto realmente está supeditado a la velocidad de filtración con la que se van a operar los filtros, y al área máxima factible de darle mantenimiento por métodos manuales en menos de 24 horas ( $50 \text{ m}^2$ ). Este factor también depende de la velocidad del diseño. Con velocidades bajas, del orden de 0.10 m/h se podrán considerar dos unidades y tres cuando ésta sea igual o mayor de 0.30 m/h.
- 2) La superficie de cada unidad está en función de la velocidad de filtración ( $V_F$ ) del caudal (Q), del número de horas de funcionamiento continuo de la unidad (turnos), y del número de unidades (N).

$$A_S = \frac{Q \cdot C_1}{N \cdot V_F}$$

donde ( $C_1$ ) es un coeficiente que depende del número de turnos (8 horas c/u) al día en que se va a operar la unidad (cuadro 2).

CUADRO 2

TORNOS	$C_1$
1	3
2	1.5
3	1

3) Las dimensiones del filtro, largo (B) y ancho (A) se seleccionarán de acuerdo al siguiente criterio :

$$A = As/K \quad ; \quad B = As.K$$

donde (K) es una relación de mínimo costo en función del número de unidades (N).

$$K = \frac{2N}{2N + 1}$$

El cuadro 3 indica algunos criterios para seleccionar (K) en función del número de filtros.

CUADRO 3

N	1	2	3	4	5	6	7	OBSERVACIONES
K	1	1.33	1.50	1.60	1.60	1.71	1.75	más económica
B/A	1	1.33	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	usual
				2				según Hazen

4) Lo recomendable sería que la velocidad de filtración a ser adoptada se determine mediante ensayos en filtros pilotos, durante un período superior al necesa-

rio para que se den todas las variaciones de calidad de agua esperadas. Cuando no sea posible determinar la velocidad correspondiente, la velocidad máxima de filtración deberá ser de 0.10 m/h.

- 5) Se podrán considerar velocidades mayores en la medida en que se vayan considerando procesos preliminares al filtro (cuadro 4).

CUADRO 4

N° DE PROCESOS	$V_f$ (m/h)
F.L.	0.10 - 0.20
F.L. + S	0.15 - 0.30
F.L. + F.G. + S	0.30 - 0.50

F.L. = filtración lenta.

F.G. = filtración en grava o prefiltración.

S. = sedimentación.

- 6) La altura de agua sobre el lecho filtrante podrá variar entre 1.00 y 1.50 m., siendo la altura máxima admisible de 2.00 m.
- 7) Deberá considerarse un ingreso adicional por el fondo de la unidad, para efectuar el llenado del filtro. - Este ingreso se conecta con la cámara de agua filtrada.
- 8) Las paredes interiores de la caja, en el tramo ocupado por el lecho filtrante, deberán presentar un acabado rugoso que impida la producción de cortocircuitos

- 9) La altura total de la caja del filtro no debe exceder de 4.00 m. porque se encarece notablemente el costo del sistema.

e. Estructura de ingreso.

- 1) Cuando no se tenga procesos anteriores al filtro lento se deberá considerar una caja de ingreso con un vertedero triangular para controlar el caudal de ingreso. En caso contrario, la caja irá ubicada antes del primer proceso considerado.
- 2) La distribución a los filtros se efectúa mediante un canal en el cual se ubicarán compuertas manuales para poder aislar completamente una unidad, mientras la otra sigue funcionando.
- 3) El ingreso a la caja del filtro se efectuará mediante un vertedero triangular tan largo como sea factible y se diseñará una cascada mediante un mandil. Si el vertedero de ingreso es angosto, se colocará una losa de concreto renovible para evitar escoraciones en la superficie del lecho filtrante.

f. Estructuras de salida y control de filtro.

- 1) El control de filtro se efectúa mediante una serie de vertederos incluidos en la estructura de salida.
- 2) Se controla el nivel mínimo del filtro mediante el vertedero de salida, cuyo nivel deberá ser igual o mayor (0.10 - 0.20 m.) que el nivel del lecho filtrante. Este control tiene la finalidad de proteger la película

la biológica y evitar la proliferación excesiva de algas al producirse una descarga accidental del lecho durante la operación, así como, evitar la formación de depresiones negativas. Este vertedero estará dotado de una compuerta, la cual permanecerá cerrada durante el período de maduración del filtro, evacuándose el efluente al desagüe.

- 3) En la caja del vertedero de salida de cada filtro se considera una abertura rectangular para eliminar el filtrado inicial a la cámara de desagües. Estará ubicada a 0.10 m. sobre el nivel del vertedero de salida. Servirá a la vez para ventilar el efluente, ayudando a la eliminación del CO<sub>2</sub> característico del tratamiento con filtración lenta.
- 4) Las cajas de salida de los filtros están interconectadas mediante una válvula o compuerta que facilita el llenado ascendente de la unidad con agua filtrada.
- 5) El control del nivel máximo dentro de la caja del filtro se efectúa mediante un vertedero de alivio. El filtro llega a su máxima pérdida de carga al alcanzar el nivel máximo. En ese momento el agua de la capa sobrenadante empieza a rebosar por el aliviadero hacia la cámara de desagües.
- 6) Cada filtro cuenta con una cámara de desagües, la cual se comunica con la respectiva cámara de salida, mediante una válvula o compuerta. Las cámaras pueden

intercomunicarse por un ducto debajo de la cámara de agua tratada, para disponer en forma conjunta. Cuando la mano de obra local no garantice un buen trabajo se recomienda omitir el ducto indicando un emisor individual para cada cámara.

g. Instalaciones accesorias.

- 1) Se deberá considerar una plataforma (losa o terraza)-colindante con los filtros, que facilite la operación de limpieza del filtro y el lavado de la arena.
- 2) Se deberá considerar un tecle o sistema similar para sacar o meter la arena al filtro.
- 3) Deberá preverse una unidad para lavar la arena que se ha retirado de los filtros. Podría utilizarse para este fin un cilindro de metal o un tanque de concreto dotado de rebose, descarga de fondo y entrada de agua clara.
- 4) La arena retirada de los filtros deberá acumularse apropiadamente en un depósito o recipiente con capacidad mínima (c) para 0.50 m. de altura de arena proveniente de las unidades en funcionamiento.

$$c = 0.5 N (A \times B)$$

- 5) Se deberán cercar las instalaciones para evitar el ingreso de animales y niños.

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO :

Los principales criterios para el cálculo de un filtro lento, se han sintetizado en el cuadro 5.

CUADRO 5

CRITERIOS DE DISEÑO PARA FILTROS LENTOS

PARAMETROS	VALORES	SÍMBOLOS
Velocidad de filtración (m/h)	0.10-0.20	$V_F$
Area máxima de cada unidad - (m <sup>2</sup> ).	10- 100	$\frac{Q C_1}{V_F}$
Número mínimo de unidades.	2	N
Borde libre (m)	0.20-0.30	$H_1$
Capa de agua (m)	1.0 -1.5	$H_2$
Altura del lecho filtrante. (m)	1.20-1.40	$H_3$
Granulometría del lecho.	0.15-0.35 mm 1.8 -2.0	d <sub>10</sub> CU
Altura de la capa soporte (m)	0.20-0.30	$H_4$
Granulometría de la grava.	Cuadro 3	
Altura del drenaje (m)	0.30-0.50	$H_5$

6.4.3.3. Verificación del Sedimentador Existente.

Antecedentes.

Existe un sedimentador rectangular, cuyas medidas interiores son : 8.24 x 2.96 m. de sección y 2.70 m. de altura, en contrándose en buen estado.

Qnd ..... 8.1 lps.

Temperatura máxima ..... 25°C.

Temperatura mínima ..... 3°C.

Temperatura media ambiente ..... 20°C.  
Viscosidad ó 20°C ( 20 ) ..... 0.0101 cm<sup>2</sup>/sg. o -  
stokes.  
Peso específico de sólidos ..... 2.1 gm/cc.  
Diámetro de la partícula o  
sedimentador (Ø ) ..... 0.002 cm.

Según Arboleda, los Criterios de Diseño son :

Velocidad de Sedimentación :

0.015  $V_s$  0.07 cm/seg.

Carga superficial :

13  $q$  60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

Período de retención :

2  $T_o$  3 horas

Para flujo laminar el número de Reynold debe ser menor que-  
1.

Relación largo-alto del sedimentador.

$$5 \frac{L}{H} 25$$

Relación ancho-largo del sedimentador.

$$\frac{1}{10} \frac{b}{L} \frac{1}{2.25}$$

Velocidad horizontal.

$$\frac{V_H}{V_s} = \frac{L}{H}$$

$$V_H \text{ máx.} = 0.55 \text{ cm/seg.}$$

Verificación de Funcionabilidad del Sedimentador Existente.

- Velocidad de sedimentación.

$$V_s = \frac{g (P_s - P) \rho^2}{18}$$

Reemplazando valores, tenemos :

$$V_s = \frac{981 (2.1 - 1) 0.002^2}{18 \times 0.0101}$$

$$V_s = 0.024 \text{ cm/seg.}$$

- Número de Reynold.

$$Re = \frac{V_s \times \rho}{0.0101} = \frac{0.024 \times 0.002}{0.0101}$$

$$Re = 0.0047$$

Como el número de Reynold es menor que 1 se trata de un -  
flujo laminar.

- Carga superficial.

$$q = V_s \times 864$$

$$q = 0.024 \times 864$$

$$q = 20.74 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

- Período de retención.

$$T_o = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{8.24 \times 2.96 \times 2.7 \text{ m}^3}{8.1 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{hora}}$$

$$T_o = 2 \text{ hrs. } 15 \text{ min.}$$

- Comportamiento hidráulico.

$$VH = V_s \times \underline{L} = \frac{Qnd}{H \quad bL}$$

$$VH =$$

- Relación ancho-largo.

$$\frac{b}{L} = \frac{2.96}{8.24}$$

$$\frac{b}{L} = 0.359$$

- Relación largo-alto.

$$\frac{L}{H} = \frac{8.24}{2.70}$$

$$\frac{L}{H} = 3.05$$

De los cálculos anteriores deducimos que el sedimentador existente funciona correctamente pero se le debe hacer un mejoramiento.

#### Mejoramiento del Sedimentador Existente.

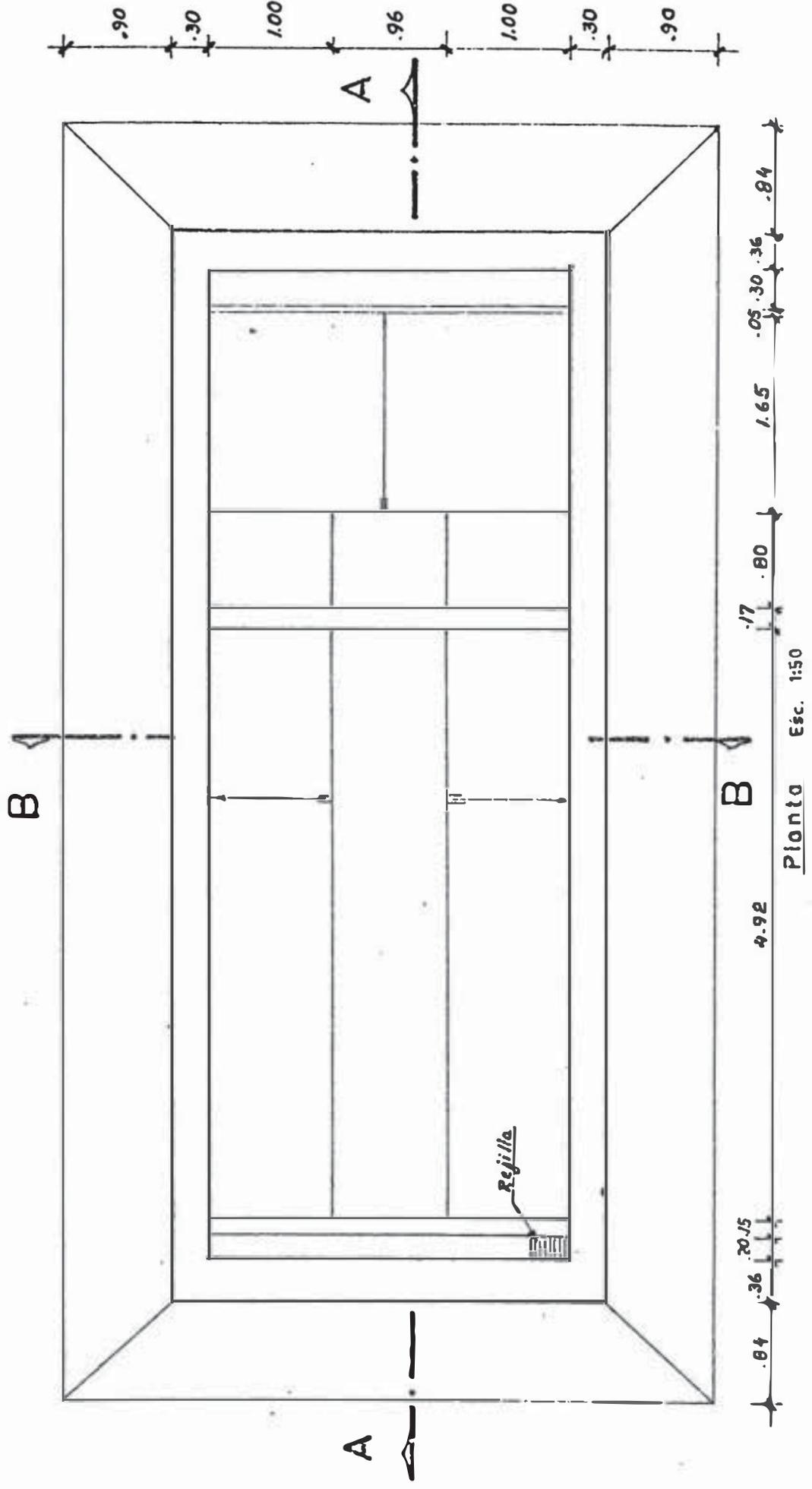
Se eliminará la pantalla intermedia de concreto y se tendrá un solo compartimiento de 8.24 x 2.96 m. de sección y 2.40 m. de tirante de agua. Asimismo, se cubrirá todo el interior del sedimentador con una capa de mortero 1:2 de 1 cm. de espesor.

Con estas características se obtendrá un período de retención de 2 hrs. 15 min., lo cual permitirá una buena sedimentación.

Para facilitar la limpieza y mantenimiento del sedimentador se instalará una tubería de fierro galvanizado de 3" (bypass). Este sedimentador está ubicado en la cota 2759.2.

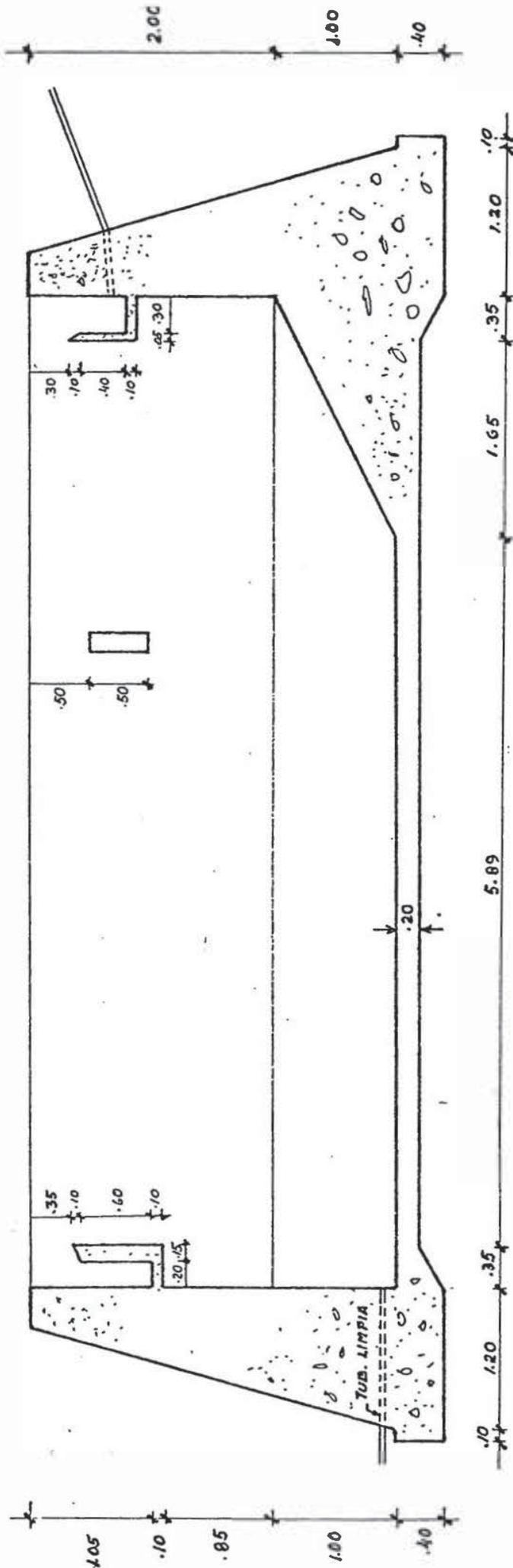
#### 6.4.3.4. Diseño del Filtro Lento Modificado.

- Número de unidades filtrantes.



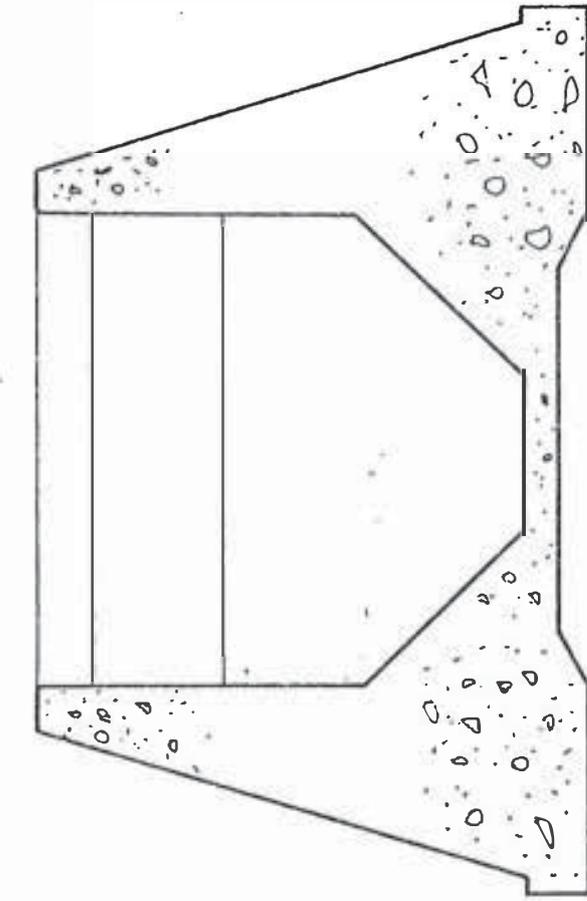
Planta Esc. 1:50

SEDIMENTADOR EXISTENTE



SEDIMENTADOR EXISTENTE

.30  
2.96  
.30



2.00  
1.00  
.20  
.20

.10 1.20 .35 .65 .96 .65 .95 1.20 .10

CORTE B-B ESC. 1:50

SEDIMENTADOR EXISTENTE

$$n = \frac{1}{4} \quad Q_{md} = \frac{1}{4} \quad 29.16 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$n = 1.35$$

Luego :

$$N = n + 1 = 1.35 + 1$$

$$N = 2$$

- Caudal de diseño de cada filtro.

$$q = \frac{Q_{md}}{N} = \frac{29.16}{2} \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$q = 14.58 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- Área de cada unidad filtrante.

$$A_f = \frac{q}{V_f} = \frac{14.58 \text{ m}^3/\text{hora}}{0.30 \text{ m/h}}$$

$$A_f = 48.6 \text{ m}^2.$$

- Relación del mínimo costo.

$$K = \frac{2 N}{N+1} = \frac{2 \times 2}{2+1}$$

$$K = 1.33$$

- Dimensionamiento de la planta.

$$L = A_f \times K = 48.6 \times 1.33$$

$$L = 8.00 \text{ m.}$$

$$b = \frac{A_f}{K} = \frac{48.6}{1.33}$$

$$b = 6.00 \text{ m.}$$

- Capa soporte de grava.

Las características de la arena disponible es :

$$d_{10} = 0.35\text{mm.}$$

$$CU = 2.00$$

CAPAS	DIAMETRO (mm)	ALTURA (cm)
1	1.5 - 4.0	5
2	4.0 -15.0	5
3	10.0 -40.0	10

Del cuadro de Criterios de Diseño para filtros lentos seleccionamos las demás dimensiones.

borde libre ..... 0.30 m.

carga de agua ..... 1.00 m.

altura lecho filtrante ..... 1.00 m.

altura de la capa soporte ..... 0.20 m.

altura de drenaje ..... 0.30 m.

Con lo cual se obtiene una altura de 2.80 m.

- Tasa de filtración para cada unidad de drenaje.

$$T_f = \frac{Q_{nd}}{A_{\text{superf.}}} = \frac{8.1 \times 86.4 \text{ m}^3/\text{día}}{2 \times 8 \times 6}$$

$$T_f = 7.29 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

- Sistema de drenaje.

∅ diámetro de los drenes laterales (3") ..... 0.075 m.

factor de fricción para los drenes ..... 0.033

E espaciamiento de los drenes laterales ..... 0.50 m.

e separación entre orificios ..... 0.10 m.

$L_{11}$  longitud de cada dren lateral ..... 5.60 m.

- $a_1$  área de influencia de cada dren ..... 0.50 m.
- $V_1$  velocidad en el canal principal ..... 0.20 m/s
- $\phi_1$  diámetro de cada orificio (1/2") ..... 0.0125 m
- $\phi_2$  diámetro del dren principal (4") ..... 0.10 m.

- Número de drenes laterales.

$$N = \frac{L}{E} + 1 = \frac{8}{0.5} + 1$$

$$N = 17$$

- Número de orificios en cada dren.

$$n = \frac{L_1 - 1}{e} 2N = \frac{5.60 - 1}{0.10} 2 \times 17$$

$$n = 1870$$

- Area de la sección de cada dren.

$$A_1 = \frac{\phi^2}{4} = \frac{(3 \times 0.025)^2}{4}$$

$$A_1 = 4.42 \times 10^{-3} \text{ m}^2.$$

- Caudal por cada dren.

$$q_1 = \frac{a_1 \times b \times Vf}{3600} = \frac{0.5 \times 6 \times 0.3}{3600}$$

$$q_1 = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

- Velocidad en cada dren.

$$v = \frac{q_1}{A_1} = \frac{2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}}{4.42 \times 10^{-3} \text{ m}^2.}$$

$$v = 0.056 \text{ m/seg.}$$

#### Filtro Lento Modificado.

Se ha proyectado la construcción de dos unidades filtrantes

de concreto armado de 8.00 x 6.00 m. de sección (medidas interiores) y 2.80 m. de altura cada uno con fondo y paredes, según diseño.

Las estructuras así construídas permitirán una tasa de filtración de 7.29 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Se les localizará en la cota - 2754.50 y común a ambos filtros se construirá una cámara de válvulas de control manual para regular el funcionamiento.

#### 6.4.4. Volumen de Almacenamiento.-

En cualquier abastecimiento de agua, el volumen disponible y el consumo, sólo coinciden durante una parte del día. Algunas veces el consumo es mayor al volumen afluente y otras veces el consumo es menor. Un almacenamiento adecuado debe disponer de una cantidad de agua que garantice el servicio en caso de interrupción, demandas fortuitas por incendio, desperfectos de la línea de conducción, limpieza de la planta de tratamiento, etc.

En el presente proyecto se dispondrá de depósitos de almacenamiento, cuya capacidad compense las necesidades de las variaciones horarias, para así satisfacer la demanda por incendios y casos de emergencia.

La determinación del volumen de almacenamiento para regulación puede hacerse numéricamente y gráficamente por el método de las curvas llamadas Diagrama de Masas.

##### 6.4.4.1. Normas para determinar la capacidad del reservorio.

(I) De acuerdo a las normas del Ministerio de Vivienda y Cons-

trucción.

a) Volumen de Regulación.

La capacidad del reservorio deberá fijarse de acuerdo al estudio del diagrama de masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda.

Cuando no se disponga de esta información se adoptará como capacidad de regulación el 25% del promedio anual de la demanda, es decir :

$$V.R = \frac{25}{100} \times P \cdot D$$

Para el caso de San Rafael este volumen es de :

$$V.R = \frac{25}{100} \times 3105 \text{ hbtes.} \times 150 \text{ lt/hab/día}$$

$$V.R = 116.44 \text{ m}^3.$$

b) Demanda contra Incendio.

Según Kuickling, la fórmula para estimar la demanda contra incendio es :

$$Q_i = \frac{14}{f} \sqrt{P}$$

Siendo :

$Q_i$  = gastos en lps.

P = población en miles de habitantes.

f = coeficiente en función de la población.

CUADRO 1

Rango Poblacional	Valores de f
De 0 a 10,000 habs.	3
De 10,001 a 25,000 habs.	2
De 25,001 a 100,000 habs.	1.5
de 100,001 a 300,000 habs.	1

Para la ciudad de San Rafael tenemos :

$$Q_1 = \frac{14 \sqrt{3.105}}{3} = 8.22 \text{ lps.}$$

Según las normas y requisitos del Ministerio de Vivienda y Construcción, para poblaciones de 10 a 100 mil habitantes, deberá preverse este servicio, de acuerdo a las características propias de la ciudad, considerándose la ocurrencia de un siniestro como máximo en cualquier punto de la red, atendido por dos hidrantes simultáneamente (32 lps).

(II) Según las normas del Ministerio de Salud.

a) Para poblaciones menores de 2000 habitantes.

El volumen de regulación será del 25 al 30% del consumo promedio anual. Para sistemas de bombeo con reservorios elevados, el volumen de regulación será del 15 al 20% del volumen del consumo promedio diario anual, considerando de 8 a 10 horas de bombeo.

#### 6.4.4.2. Volumen de Regulación.

El volumen de regulación de un reservorio es aquel que sa-

tisface las variaciones horarias de consumo de la población.

La determinación de la capacidad de regulación puede hacerse en forma analítica o gráfica por el método de Diagrama - de Masas.

(I) METODO ANALITICO.

VARIACIONES HORARIAS DE CONSUMO EN LA LOCALIDAD DE SAN RAFAEL

Intervalo	Consumo Promed.	Suministro Promedio %	Consumo	Consumo Acumul.	Diferenc.	
					+	-
0 - 1	40	4.17	1.67	1.67	2.50	
1 - 2	35	4.17	1.46	3.13	2.71	
2 - 3	40	4.17	1.67	4.80	2.50	
3 - 4	46	4.17	1.92	6.72	2.25	
4 - 5	85	4.17	3.54	10.26	0.63	
5 - 6	108	4.17	4.50	14.76		0.33
6 - 7	120	4.17	5.00	19.76		0.83
7 - 8	136	4.17	5.67	22.43		1.50
8 - 9	137	4.17	5.71	31.14		1.54
9 - 10	137	4.17	5.71	36.85		1.54
10 - 11	140	4.17	5.84	42.69		1.67
11 - 12	156	4.17	6.51	49.20		2.34
12 - 13	162	4.17	6.76	55.96		2.59
13 - 14	148	4.17	6.17	62.13		2.00
14 - 15	130	4.17	5.42	67.55		1.25
15 - 16	125	4.17	5.21	72.76		1.04
16 - 17	115	4.17	4.80	77.56		0.63
17 - 18	98	4.17	4.09	81.65	0.08	
18 - 19	110	4.17	4.59	86.24		0.42
19 - 20	98	4.17	4.09	90.33	0.08	
20 - 21	72	4.17	3.00	93.33	1.17	
21 - 22	60	4.17	2.50	95.83	1.67	
22 - 23	57	4.17	2.38	98.21	1.79	
23 - 24	45	4.17	1.88	100.09	2.29	
				100.09	17.67	17.68

El volumen del reservorio es :

$$V_R = \frac{Q_{md} \times (t)}{100} = \frac{700 \text{ m}^3/\text{dfa} \times 17.68}{100}$$

$$V_R = 123.76 \text{ m}^3.$$

(II) METODO GRAFICO.

En el presente estudio vamos a exponer los pasos a seguir - en el cálculo de este método, dado que solo conocemos el - consumo máximo horario de 150%, en función del consumo promedio anual.

Con los datos de consumo horario, expresados en porcentaje del consumo promedio anual, se calculan los consumos acumulados en % cada hora y con estos valores dibujamos el Diagrama de Masas que viene a ser el gráfico de consumos.

Para garantizar un buen servicio y un almacenamiento económico debe ocurrir que el consumo acumulado del día sea igual al suministro acumulado durante el mismo período, por consiguiente, la curva de suministro se obtendrá uniendo los puntos extremos de la curva de consumo; ésta será una recta si el suministro es constante, como es en nuestro caso.

La pendiente de la curva de suministro es mayor que la curva de consumo, hasta llegar al punto de inflexión (a), lo que nos indica que se está suministrando más de lo que se consume, exceso que se almacenará para consumir en las horas en que la pendiente de la curva de consumo es mayor que la curva de suministro, esto sucede desde el punto (a) hasta el punto (o) donde ya no hay almacenamiento. Luego se trazan paralelas a la curva de suministro, de modo que toquen en puntos tangentes, a la curva de consumo, determinándose así los segmentos A-B y A'-B', con los que se calculará el volumen del reservorio; para mayor ilustración se in-

cluye el gráfico de Diagrama de Masas.

6.4.4.3. Volumen de Reserva.

En el presente proyecto el volumen de reserva es casi despreciable, ya que el único problema a suscitarse sería por la interrupción de la línea de conducción, lo mismo que se encuentra en pésimas condiciones de funcionamiento, siendo necesario su cambio total. A manera de seguridad se puede considerar un volumen de reserva de 6 m<sup>3</sup>.

6.4.4.4. Volumen del Reservorio.

Habiendo calculado el volumen de regulación por el método analítico y por el método gráfico, así como el volumen de reserva, podemos considerar como el volumen total de almacenamiento a la suma del promedio de los dos métodos más el volumen de reserva.

$$V_R = \frac{\text{Volúmenes}}{2} + V_{\text{reserva}}$$

$$V_R = \frac{(123.76 + 123.9)}{2} + 6$$

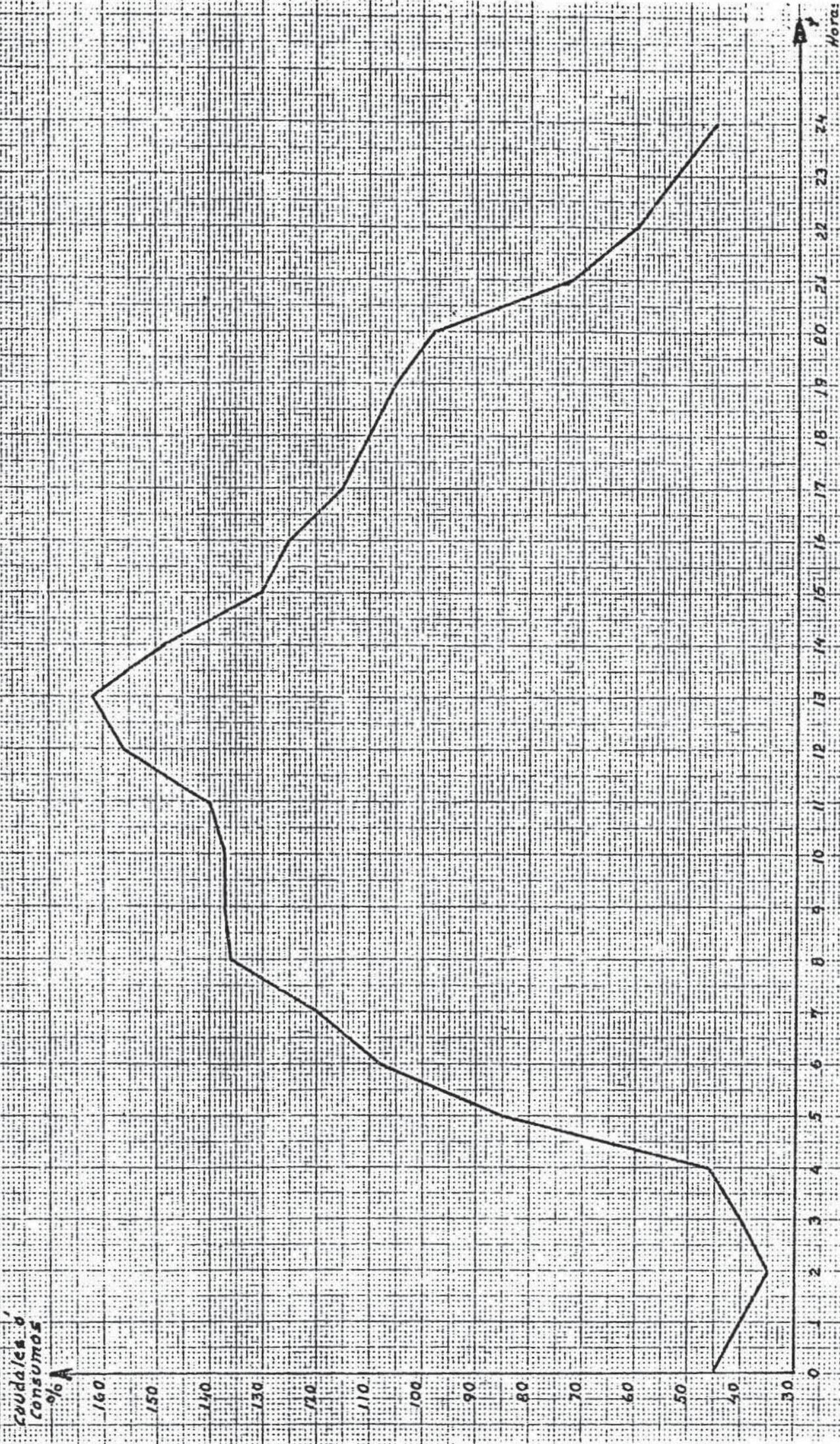
$$V_R = 130 \text{ m}^3.$$

Como existe un reservorio en buenas condiciones de 90 m<sup>3</sup>. de capacidad, es necesario considerar en el presente proyecto la construcción de un reservorio adicional de 40 m<sup>3</sup>. de capacidad.

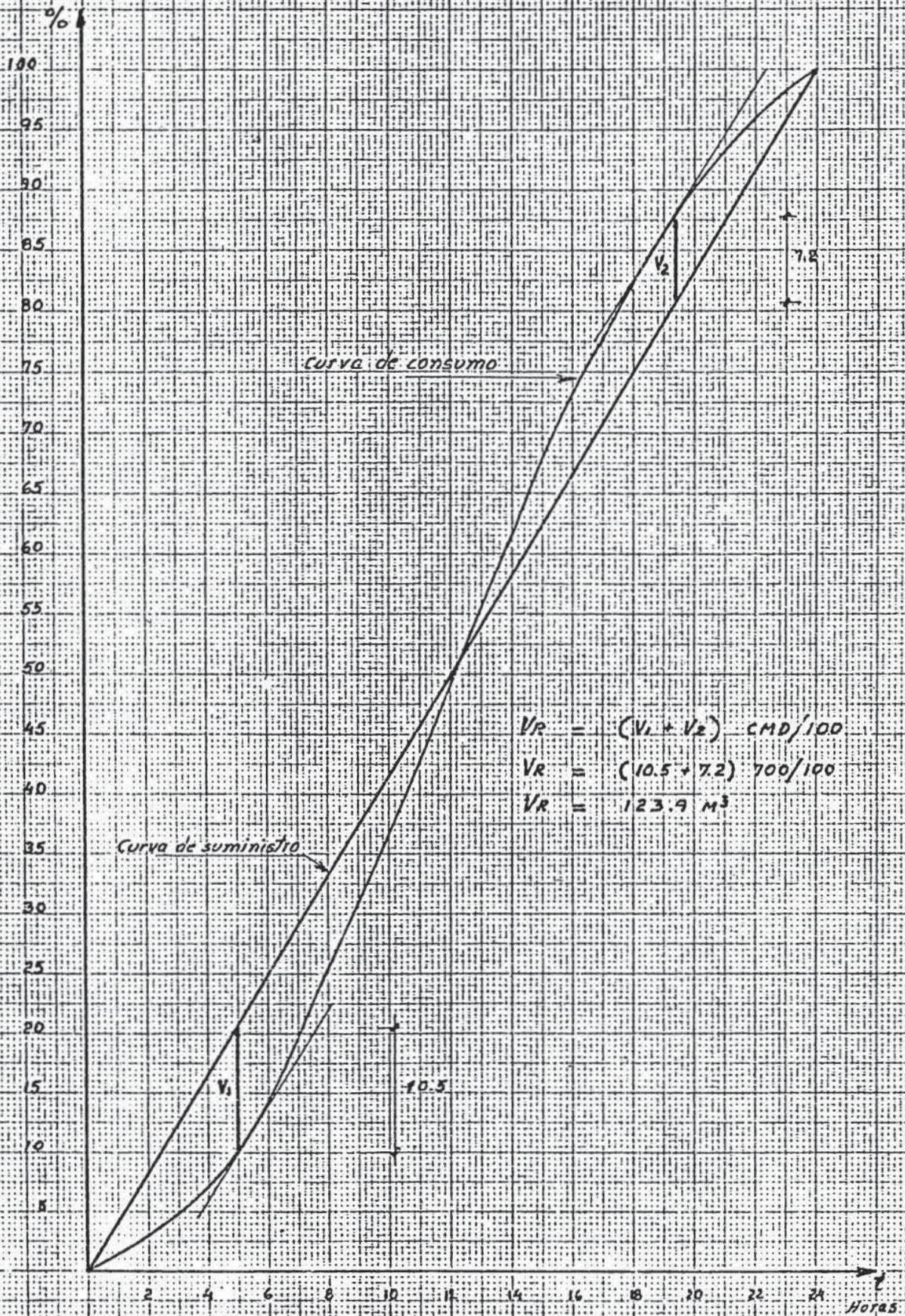
6.4.5. Línea de Aducción.-

Es la tubería encargada de conducir el agua desde el reservo

VARIACIONES DE CONSUMO EN % DURANTE 24 HORAS  
PARA LA CIUDAD DE SAN RAFAEL



# DIAGRAMA DE MASAS PARA LA CIUDAD DE SAN RAFAEL



$$V_R = (V_1 + V_2) \text{ CMD}/100$$

$$V_R = (10.5 + 7.2) 700/100$$

$$V_R = 123.9 \text{ M}^3$$

rio de almacenamiento hasta la primera conexión domiciliaria de la red de distribución.

En el presente proyecto se cuenta con una línea de aducción - relativamente pequeña, por encontrarse la primera conexión - domiciliaria muy cerca del reservorio, por tal razón se le - considerará como un tramo más dentro del cálculo de la red - de distribución por el método de seccionamiento.

#### 6.4.6. Red de Distribución.-

Es el conjunto de tuberías encargadas de conducir el agua a los diferentes puntos de la ciudad en estudio, en el gasto - demandado a presiones apropiadas y en buenas condiciones sanitarias.

#### Tipos de Redes de Distribución.-

Existen tres tipos de redes de distribución

- Redes malladas o circuitos cerrados son aquellos donde no existen puntos muertos, es decir tramos donde el agua no tiene continuidad.

Apriori podemos determinar o definir el diagrama de flujo, el mismo que es variable, debido a las variaciones de consumo y de presión en los nudos extremos.

- Redes abiertas.

Cuando existen puntos muertos en la red. Apriori se puede determinar el diagrama de flujo que va a ser constante.

- Redes mixtas.

Es la combinación de redes malladas con el de redes abiertas.

El cálculo de la red de distribución puede hacerse mediante dos métodos :

- (a) HARDY CROSS.
- (b) SECCIONAMIENTO.

METODO DE HARDY CROSS.

Es un método de aproximaciones sucesivas, que permite la comprobación de diámetros de las tuberías principales, inicialmente supuestas.

Considera los siguientes principios :

- En cada tramo de tubería existe una relación entre la cantidad de agua que circula y la pérdida de carga en el mismo tramo.
- Es un circuito cerrado, la suma algebraica de las pérdidas de carga deben ser igual a cero.
- La cantidad de agua que entre en un extremo o nudo debe ser igual a la que sale por el otro extremo.
- El incremento de gastos está dado por la siguiente fórmula:

$$AQ = \frac{Q_0 \times h}{n \times H}$$

donde :

$Q_0$  = promedio de gastos en la malla.

$h$  = sumatoria de las pérdidas de carga en la malla considerando el signo.

H = sumatoria de las pérdidas de carga en la malla sin considerar signo.

n = valor que depende de la fórmula que se usa para calcular las pérdidas de carga (1.85 para Hazen y Williams, para Manning).

#### METODO DE SECCIONAMIENTO.

Es un método hidráulico que consiste en descomponer las mallas en sistemas ramificados, obteniendo diámetros más económicos. Permite calcular simultáneamente las tuberías principales y las tuberías de relleno (secundarias).

Se efectúa en función del diagrama de flujo y con el caudal máximo  $Q_{mm}$ .

#### Presiones Permisibles en la Red.

El Reglamento Nacional de Construcciones indica que las presiones máximas y mínimas en la red de distribución serán de 50 m. y 15 m. de columna de agua respectivamente. En localidades urbanas pequeñas podrá admitirse una presión mínima de 10 m. de columna de agua en casos debidamente justificados.

En el presente proyecto consideraremos

Presión máxima 50 m.

Presión mínima 15 m.

#### Cálculo de la Red de Distribución.

La red de distribución de San Rafael la vamos a calcular por el método de Seccionamiento, mediante el siguiente procedimiento :

1. Se establece un diagrama de flujos y se eligen los puntos

de seccionamiento, este diagrama de flujo parte desde el punto de llegada del agua a la red.

2. Se enumeran los nudos en forma conveniente.
3. Se calcula la longitud total de la red en metros o kilómetros.
4. Calculamos el caudal unitario que será :

$$q_u = \frac{Q_{mm}}{L_t}$$

donde :

$q_u$  = caudal unitario en lts/seg/km. o lts/seg/m.

$Q_{mm}$  = caudal máximo maximumum.

$L_t$  = longitud total de la red.

5. Calculamos el caudal en marcha ( $Q_m$ ) en cada tramo que resulta de multiplicar el caudal unitario por la longitud de cada tramo.
6. Se calculan los caudales iniciales ( $Q_I$ ) y finales ( $Q_F$ ) de cada tramo, teniendo en cuenta las posibles contribuciones de tramos adyacentes en el nudo.
7. En cada punto muerto indica que el caudal de salida o final es cero.
8. El caudal de diseño para cada tramo es :

$$Q_D = \frac{Q \text{ inicial} + Q \text{ final}}{2}$$

9. Una vez calculado el caudal de diseño ( $Q_D$ ) se obtienen los diámetros respectivos para cada tramo usando la tabla siguiente :

TABLA

$\emptyset$ (Pulg.)	VELOCIDAD MAXIMA (m)	CAUDAL (lt/seg)
2"	0.6	Hasta 1.2
3"	0.7	Hasta 3.2
4"	0.75	Hasta 6.1
6"	0.80	Hasta 14.6
8"	0.90	Hasta 20.7
10"	0.95	Hasta 56.4
12"	1.00	Hasta 72.8

10. Luego con el caudal de diseño, diámetro y  $C = 140$ , leo en el Diagrama de Hazen y Williams la pendiente ( $S$ ) en milésimos y la velocidad ( $V$ ) en metros por segundo.
11. Luego hallo la pérdida de carga ( $hf$ ) con la fórmula siguiente :

$$hf = \frac{S \times L}{1,000}$$

12. En el plano topográfico, saco las cotas de terreno o cotas de cada nudo.
13. Hallo las cotas piezométricas para cada tramo.

Para los demás tramos :

$$CP_I = CP_F \text{ (del tramo anterior)}$$

$$CP_F = CP_I - hf$$

14. Luego hallo las presiones :

Para todos los tramos :

$$P_I = CP_I - \text{Cota del terreno inicial}$$

$$P_F = CP_F - \text{Cota del terreno final}$$

15. Comprobación.

La comprobación del método de seccionamiento se realiza en cada punto de seccionamiento considerando lo siguiente :

$$0.90 P_p \quad P_1, \dots, P_n \quad 1.1 P_p$$

donde :

$P_p$  = presión promedio de las presiones.

$P_1$  = presión obtenida en ese nudo por un camino.

$P_n$  = presión obtenida en ese nudo por un camino n.

Por lo tanto :

En el presente proyecto solo existe el caso del nudo 6 - que convergen dos caminos.

$$\text{Tramo 5 - 6} \quad P_1 = 23.5$$

$$\text{Tramo 22- 6} \quad P_2 = 23.4$$

$$P_p = \frac{23.5 + 23.4}{2} = 23.45$$

$$0.9 \times 23.45 = 21.11$$

$$1.1 \times 23.45 = 25.80$$

Entonces :

$$21.11 < 23.5 < 25.80 \quad \text{cumple.}$$

$$21.11 < 23.4 < 25.80 \quad \text{cumple.}$$

**METRADO Y PRESUPUESTO**

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Material	M. de Obra	Material	
<b>1.00 CAPTACION TIPO T-LA.</b>							
Construcción de una caja de captación y aliviadero adyacente de concreto armado							
1.01 Replanteo y excavación.	M3	4.00	9,621		38,484		
1.02 Encofrado y desencofrado (4 usos).	P2	180	398	2,303	71,640	414,540	
1.03 Concreto 1:2:4 para fondo y muros.	M3	1.60	56,894	383,324	91,030	613,318	
1.04 Fierro de refuerzo de $\emptyset$ 1/4", incluyendo corte, doblado, colocación y 5% por desperdicios.	KG	48	352	5,240	16,896	251,520	
1.05 Clavos para encofrado.	KG	53		8,500		450,500	
1.06 Alambre N° 10 para encofrado.	KG	2		8,500		17,000	
1.07 Alambre N° 16 para amarres.	KG	2		8,500		17,000	
1.08 Enlucido de paredes interiores y fondo con mortero 1:2 (1 cm. de espesor).	M2	14	1,970	6,512	27,580	91,168	
1.09 Plancha de fierro de 3/16" de espesor para compuerta de 0.55 x 0.70.	U	1		126,715		126,715	
1.10 Malla de alambre de 1/4" x 1/8", con marco de platina de 1 1/2" x 1/4".	U	1		51,289		51,289	

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales
1.11 Aliviadero de plancha de fierro de 3/16" de espesor, según diseño.	U	1		329,129		329,129
1.12 Vertedero triangular de fierro de 3/16"- de espesor, según diseño.	U	1		329,129		329,129
1.13 Angulos de : 2½" x 2½" x 3/16".	ML	6		54,160		324,960
1.14 Pernos de anclaje de 3/8" x 3" con arandelas y tuercas.	U	20		3,386		67,720
1.15 Pernos soldados con arandelas y mripo--sas : 3/8" x 1½".	U	8		2,609		20,872
	U	4		3,830		15,320
1.16 Canastilla de salida : 2" x 6".	U	1		408,480		408,480
1.17 Tuberfa de Ø 6" para desagüe.	ML	4		43,167		172,668
2.00 <u>MEJORAMIENTO DEL SEDIMENTADOR EXISTENTE.</u>						245,630
2.01 Eliminación de la pantalla intermedia.	ESTIMADO		71,550		71,550	
2.02 Enlucido interior con mortero 1:2 (1 cm. de espesor).	M2	88.9	1,970	6,512	175,133	578,917
2.03 Tuberfa de fierro galvanizado, con entrada de Ø 4", salida y by pass de Ø 3".	U	1		626,906		626,906
2.04 Accesorios de f°f°, válvulas de interrupción : Ø 3".	U	2		621,600		1'243,200
	U	1		721,500		721,500

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales	
Codos : 3" x 45°	U	1		183,150		183,150	
3" x 90°	U	1		133,200		133,200	
4" x 45°	U	1		216,450		216,450	
4" x 90°	U	1		177,600		177,600	
Tees : 3" x 3"	U	1		360,750		360,750	
4" x 4"	U	1		543,900		543,900	
Uniones Universales : Ø 3"	U	4		61,050		244,200	
Ø 4"	U	2		88,800		177,600	
2.05 Prueba hidráulica, resane y desinfección.			14,000	22,000	14,000	22,000	
					260,683	5'229,373	5'490,056
3.00 <u>FILTRO LENTO.</u>							
Construcción de dos unidades filtrantes de dimensiones interiores de :							
Incluye cámara de válvulas, según diseño, así como accesorios.	U	1	ESTIMADO		1'200,000	6'300,000	
					1'200,000	6'300,000	7'500,000
4.00 <u>LINEA DE CONDUCCION.</u>							
4.01 Replanteo, excavación, nivelación, refi							
ne y relleno de zanjas de 0.60 x 0.80 m. de profundidad en terreno conglomerado.	ML	205	5,968				
4.02 Adquisición de tuberías, clase 7.5, C =							

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales	
140 (incluye 5% por desperdicios) :							
- Ø 3"	ML	163		71,040		11'579,520	
- Ø 4"	ML	53		116,550		6'177,150	
4.03 Accesorios :							
- Codos : 4" x 45°.	U	1		196,470		196,470	
3" x 45°.	U	1		81,030		81,030	
3" x 22.5°	U	1		67,218		67,218	
3" x 90°	U	1		97,680		97,680	
- Cruz : 3" x 3"	U	1		119,303		119,303	
4.04 Instalación, prueba hidráulica, resane y desinfección de tuberías : Ø 3" Ø 4"	ML	155	1,866	320	289,230	49,600	
	ML	50	1,975	320	98,750	16,000	
					1'611,420	18'383,971	19'995,391
5.00 <u>MEJORAMIENTO DEL RESERVORIO EXISTENTE DE 90 MS.</u>							
5.01 Impermeabilización interior con mortero 1:2 y aditivo (2 cm. de espesor en capas de 1 cm. c/u)	M2	114	2,432	13,024	277,248	1'484,736	
5.02 Fierro de Ø 3/4" para escalines.	KG	25	352	7,637	8,800	190,925	
5.03 Tubería de ventilación de Ø 3".	U	1		54,945		54,945	
5.04 Prueba hidráulica, resane y desinfección.	ESTIMADO			14,000		22,000	
					300,048	1'752,606	2'052,654

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales	
6.00 <u>CASETA DE VALVULAS PARA RESERVORIO.</u>							
6.01 Encofrado y desencofrado.	P2	90	398	2,303	35,820	207,270	
6.02 Concreto simple 1:3:6 para fondo y muros.	M3	2.1	56,894	345,280	119,477	725,088	
6.03 Concreto armado 1:2:4 para losa de cubierta.	M3	0.035	81,130	383,324	2,840	13,416	
6.04 Fierro de refuerzo incluido corte, doblado, colocación y 5% por desperdicios : Ø 1/4"	KG	15	352	5,971	5,280	89,565	
Ø 3/8"	KG	4	352	7,286	1,400	29,144	
Ø 1/2"	KG	9	352	6,817	3,168	61,353	
Ø 3/4"	KG	11	352	7,637	3,872	84,007	
6.05 Enlucido interior con mortero 1:3 (1-cm. de espesor).	M2	15.2	1,970	5,114	29,944	77,733	
6.06 Clavos para encofrado.	KG	3		8,500		25,500	
6.07 Alambre N° 10 para encofrado.	KG	3		8,500		25,500	
6.08 Alambre N° 16 para amarres.	KG	1		8,600		8,600	
6.09 Válvulas y accesorios.	U	1	6'279,120	20'531,520	6'279,120	20'531,520	
7.00 <u>DESINFECION.</u>					6'480,921	21'878,696	28'359,617
7.01 Adquisición de hipocloradores del tipo-flujo difusión.	U	2	7,000	150,000	14,000	300,000	
					34,000	300,000	314,000

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Material	M. de Obra	Material	
8.00 <u>RESERVORIO DE 40 M3.</u> Apoyado de concreto armado de 40 m3. - de capacidad, con cámara de válvulas-- adyacente; incluye prueba hidráulica, - resaca, desinfección, válvulas y accesorios.	U	1	ESTIMADO		14'498,600	37'438,040	51'936,640
9.00 <u>LINEA DE ADUCCION Y RED DE DISTRIBUCION.</u>					14'498,600	37'438,040	
9.01 Replanteo, excavación, nivelación y refino de zanjas de 0.60 x 0.80 m. de profundidad.	ML	2,056	4,570		9'395,920		
9.02 Adquisición de tuberías, clase 7.5 y C = 140; incluye 5% por desperdicios :							
- Ø 6" (eternit)	ML	294		255,300		75'058,200	
- Ø 4"	ML	304		116,050		35'431,200	
- Ø 3"	ML	1,525		71,040		108'336,000	
- Ø 6" (F° gvdo.)	ML	37		521,635		10'300,495	
9.03 Accesorios de fierro fundido :							
- Reducciones : 6" x 4"	U	2		299,700		599,400	
6" x 3"	U	1		255,300		255,300	
4" x 3"	U	2		138,750		277,500	
- CRUZ :	U	1		205,350		205,350	
- Tees :	U	1		333,000		333,000	

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales	
- Tees : 6" x 4"	U	1		321,900		321,900	
4" x 3"	U	2		177,600		355,200	
3" x 3"	U	10		138,750		1'387,500	
- Codos : 6" x 90°	U	2		327,450		654,900	
6" x 45°	U	1		388,500		388,500	
3" x 45°	U	1		155,400		155,400	
- Tapones: 3"	U	14		150,427		2'105,978	
- Válvula de interrupción : Ø 6"	U	1		1'221,000		1'221,000	
Ø 4"	U	1		721,500		721,500	
Ø 3"	U	3		621,600		1'864,800	
- Válvula de purga : Ø 3"	U	1		621,600		621,600	
- Transición : Ø 6" (f° gvdo.)	U	2		288,600		577,200	
9.04 Caja de válvulas en la red.	U	7	80,000	140,000	560,000	980,000	
9.05 Instalación, prueba hidráulica, resane y desinfección de tuberías :							
- Ø 6" (eternit).	ML	315	2,585	320	814,275	100,800	
- Ø 4"	ML	289	1,975	320	580,775	92,480	
- Ø 3"	ML	1,452	1,866	320	2'709,432	464,640	
- Ø 6" (f° gvdo.)	ML	35	2,585	320	90,475	11,200	
9.06 Relleno, compactación de zanjas y eliminación de desmonte.	ML	2,056	1,784		3'667,904		
10.00 CONEXIONES DOMICILIARIAS.					17'808,781	251'821,043	269'629,824

DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	COSTOS UNITARIOS		COSTOS PARCIALES		TOTALES
			M. de Obra	Materiales	M. de Obra	Materiales	
Instalación de conexiones domiciliarias, que incluye tubería de Ø 1/2" - caja de concreto, válvula de 1/2" y abrazadera.	U	518	55,000	300,000	28'490,000	155'400,000	183'890,000
<b>R E S U M E N</b>							
1.00 CAPTACION.					245,630	3'701,328	3'946,958
2.00 MEJORAMIENTO DEL SEDIMENTADOR.					260,683	5'229,373	5'490,056
3.00 FILTRO LENTO.					1'200,000	6'300,000	7'500,000
4.00 LINEA DE CONDUCCION.					1'611,420	18'383,971	19'995,391
5.00 MEJORAMIENTO DEL RESERVORIO EXISTENTE.					300,048	1'752,606	2'052,654
6.00 CASETA DE VALVULAS PARA RESERVORIO.					6'480,921	21'878,696	28'359,617
7.00 DESINFECCION.					14,000	300,000	314,000
8.00 RESERVORIO APOYADO DE 40 M3.					14'498,600	37'438,040	51'936,640
9.00 LINEA DE ADUCCION Y RED DE DISTRIBUCION.					17'808,781	251'821,043	269'629,824
10.00 CONEXIONES DOMICILIARIAS.					28'490,000	155'400,000	183'890,000
					70'906,083	502'475,257	573'381,340

## CAPITULO VIII

### ESPECIFICACIONES TECNICAS Y ADMINISTRACION DE SERVICIOS Y SISTEMAS TARIFARIOS

#### TUBERIAS, VALVULAS Y ACCESORIOS

##### 1. TUBERIA.

Las tuberías podrán ser de policloruro de vinilo no plastificado (PVC) asbesto-cemento, o de fierro galvanizado.

Para los desagües de las diversas unidades estructurales podrá usarse tubería de plástico de media presión o tubos de concreto simple normalizado.

La tubería de PVC se ajustará al Proyecto de Norma Oficial N° 399,002 de ITINTEC y las de asbesto cemento, al proyecto de Norma N° 334.010 de la misma Institución.

La tubería de fierro galvanizado será del tipo standard americano con uniones simples, debiendo ajustarse a la Norma ITINTEC 2341.00.

##### 1.1. Excavación:

Las zanjas para el tendido de tubería tendrán una sección, en general de 0.60 m. de ancho por 0.80 m. de profundidad. En el caso de terreno rocosos se permitirá menor profundidad de excavación siempre y cuando la tubería sea protegida adecuadamente, protección que deberá ser aprobada por el Inge--

niero Inspector.

El fondo de la zanja será bien nivelado para que los tubos a poyen a lo largo de su generatriz inferior.

1.2. Instalación de Tubería:

Toda tubería y accesorios será revisado cuidadosamente antes de ser instalados a fin de descubrir defectos, tales como ro turas, rajaduras, porosidades, etc. y se verificará que es-- tén libres de cuerpos extraños, tierra, etc.

Los cursos de ríos, quebradas, acequias, etc. se realizarán en forma aérea, según diseño especial o por debajo del lecho con protección adecuada tal como enrocado, cobertura de con-- creto ú otros.

En caso de pendiente muy pronunciada, la tubería de fierro - galvanizado debe instalarse en dados de concreto y sujeta con abrazaderas.

Asímismo, se instalarán juntas de expansión térmica con un - distanciamiento máximo de 30 mts.

En el caso de cruce de carretera y línea férreas, estos tra-- bajos los debe realizar la Institución encargada del manteni-- miento de las mismas.

Por la unión de tubos de PVC se tendrán en cuenta las siguien tes instrucciones :

- (a) Quítese del extremo liso del tubo la posible rebaba, a-- chaflanando al mismo tiempo el filo exterior.

- (b) Procédase en igual forma con la campana del tubo, pero -  
achaflanando el filo interior.
- (c) Extriarse la parte exterior de la espiga y la interior de-  
la campana, cubriéndola luego con pegamento.
- (d) Introducir la espiga dentro de la campana.
- (e) Después de 24 horas puede someterse a presión.

Para instalar tubería de fierro galvanizado, impermeabilizar las uniones usando pintura en pasta al aceite o "Smooth OM"- sobre las roscas.

Para instalar tubería de asbesto cemento, tener en cuenta - las siguientes instrucciones :

- (a) Limpiar los extremos torneados con gasolina (No usar ke-  
rosene).
- (b) Colocar el anillo de jebe con lubricante en la ranura de  
la unión en la tubería de tipo Mazza.
- (c) Presentar la espiga al enchufe y empujar suavemente el -  
tubo en dirección a su propio eje, hasta el tope.

La tubería se apoyará en toda su longitud sobre una capa de arena o tierra fina, sin piedras. La unión no debe descansar directamente en el fondo de la zanja, para ello se profundizará la zanja en cada unión. El relleno debe realizarse a medida que avanza la instalación. Las uniones se deben de dejar al descubierto, hasta después de la prueba hidráulica; en el caso de tubería PVC rígido se recomienda que a cada 50 m. de tubería se haga un relleno de tierra de 50 cm. - de alto sobre la tubería, con material seleccionado sin pie-

dras, a fin de disminuir los efectos de dilatación térmica, dejando libres o con poco relleno las uniones y accesorios para su inspección durante la prueba hidráulica.

Los codos, tees, tapones, válvulas y todo cambio brusco de dirección anclarán a dados de concreto vaciados en obra.

Los tapones se colocarán en un tubo corto de 50 cm. de largo uno de cuyos extremos anclará en el accesorios o tubo y en otro extremo se insertará el tapón.

### 1.3. Prueba hidráulica:

Una vez instalada la tubería será sometida a presión hidrostática igual a una vez y media la presión de trabajo, indicada por la clase de la tubería instalada.

Antes de efectuar la prueba debe llenarse la tubería con agua, todo el aire debe ser expulsado de la red, para esto se colocarán dispositivos de purga en puntos de mayor cota.

Luego se cerrará el tramo herméticamente. Se probará en tramos de 300 a 400 mts., aproximadamente o en tramos comprendidos entre válvulas próxima a la distancia citada.

Todos los tubos expuestos, accesorios y llaves, serán examinados cuidadosamente durante la prueba. Si muestran filtraciones visibles, o si resultan defectuosas o rajadas a consecuencia de la prueba, deberán ser removidos y reemplazados.

La prueba se repetirá las veces que sea necesario hasta que sea satisfactorio, debiendo mantenerse la presión de prueba durante 20 minutos.

1.4. Relleno de Zanjas:

Después que haya sido aprobada la prueba hidráulica, se procederá al relleno final de zanjas.

Previamente se anclarán las cruces, las tees, tapones y accesorios o tramos de tubería que el Ingeniero Inspector crea conveniente a fin de evitar desplazamientos.

Para el efecto deberá usarse dados de concreto pobre.

Se cubrirán las uniones, accesorios, etc. con material fino-seleccionado en una altura de 30 cm. y luego con el material restante de la excavación, se hará un buen apisonado debiendo restituir la compactación anterior.

1.5. Desinfección de Tuberías:

Una vez instalada y probada hidráulicamente toda la red, ésta se desinfectará con cloro.

Previamente a la clorinación, es necesario eliminar toda la suciedad y materia extraña para lo cual se inyectará agua por un extremo y se hará salir al final de la red en el punto más bajo mediante la válvula de purga respectiva a la remoción de un tapón.

Para la desinfección con cloro líquido se aplicará una solución o cloro directamente de un cilindro con aparatos adecuados para controlar la cantidad inyectada y asegurar la difusión efectiva con toda la tubería.

Será preferible usar el aparato clorinador de solución. El punto de aplicación será de preferencia al comienzo de la tu

bería y a través de una llave "Corporation".

En la desinfección de tubería por compuestos de cloro disueltos se podrá usar compuestos de cal como hipoclorito de calcio o similares, cuyo contenido de cloro sea conocido. Estos productos se conocen en el mercado como "HTH", "PERCHLORON", "ALCABLANC", etc.

Con la siguiente fórmula se puede calcular el compuesto a usarse :

$$GR = \frac{P \times V}{(\% Cl \times 10)}$$

Gr : peso en gramos del compuesto a utilizarse.

P : mgr/lt. o ppm. de la solución a prepararse.

V : volumen de agua en la tubería (lts).

% Cl: % de cloro disponible en el compuesto.

10 : constante.

Para la solución de estos productos se usará una solución en agua la que será inyectada o bombeada dentro de la nueva tubería y en una cantidad tal que dé un dosaje de 50 ppm. como mínimo.

El período de retención, será por lo menos de 3 horas; al final de la prueba el agua deberá tener un residuo de por lo menos 5 ppm. de cloro. Durante el proceso de la clorinación todas las válvulas y otros accesorios serán operados repetidas veces, para asegurar que todas las partes entren en contacto con la solución de cloro.

Después de la prueba el agua con cloro será totalmente expul

sado llenándose la tubería con el agua dedicada al consumo.

Los accesorios de PVC tales como codos, tees, etc. serán --  
moldeados por inyección.

Los accesorios usados en el interior de las casetas de bombeo serán de fierro galvanizado o fierro fundido, instalados en forma aérea y debidamente anclados en apoyos de concreto. La instalación se hará de tal manera que la remoción de cualquier válvula o accesorios sea posible, para lo cual se usará bridas o uniones universales.

## 2. RESERVORIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO DE 40 M3. DE CAPACIDAD

### 2.1. Descripción.

El reservorio será de sección cuadrada, de 3.90 x 3.90 x 2.93 mts. (medidas interiores) con capacidad para 40 m3.

Constará de las siguientes partes :

Fondo de concreto armado, muros de sección rectangular de -  
concreto armado, losa de cubierta de concreto armado provista de buznón de inspección.

Además constará con una cámara de válvulas y escaleras interiores.

### 2.2. Excavación.

La excavación tendrá una profundidad mínima de 0.80 mt. en todo caso se llegará hasta terreno firme, será bien nivelada y cualquier exceso de excavación se rellenará con concreto --  
1:4:8.

2.3. Fondo.

El fondo estará formado por una losa de concreto armado  $f_c^1 = 210 \text{ kg. cm}^2$ . de fierro de 1/4" según se indica en el plano, de 20 cms. de espesor, perimetralmente tendrá un espesor de 30 cms. que servirá de cimiento a los muros.

El fondo deberá ser vaciado monolíticamente en una sola operación; la cara superior se rallará para facilitar la adherencia con el acabado de mortero.

Para dar la pendiente de fondo, se rellenará con mortero 1:5.

2.4. Muros.

Serán de concreto armado  $f_c^1 = 210 \text{ kg/cm}^2$ . con 3/8", según se indica en el plano, de 20 cms. de espesor.

Se dejará paso a las tuberías, instalando niples de mayor diámetro, debiendo calafatear con estopa y plomo e impermeabilizar debidamente una vez instaladas las tuberías.

Se tendrá cuidado con las juntas de construcción, debiéndose picar el concreto ya endurecido vaciado anteriormente, a fin de dejar una superficie rugosa, libre de la película superficial de concreto, quedando apta para recibir el nuevo vaciado de concreto.

La ramadura se hará con traslape de 60 veces el diámetro del fierro, con amarres espaciados, para remitir la envoltura de la unión por el concreto.

2.5. Cubierta.

Será una losa maciza, de concreto armado  $f_c^1 = 210 \text{ kg/cm}^2$ . -

con fierro de 1/4" según se indica en el plano. Tendrá 0.15 cm. de espesor.

El acabado exterior se hará con una capa de mortero 1:3, de 1 cm. de espesor, colocada inmediatamente sobre el concreto fresco, acabado con cemento puro.

#### 2.6. Escaleras Metálicas Interiores.

Las escaleras que servirán para el ingreso al reservorio y - caja de válvulas, se formarán con peldaños de fierro de 3/4"- espaciados a 30 cms. y anclados a los muros de concreto.

#### 2.7. Concretos.

El cemento deberá ser fresco, sin terrones y en buenas condi ciones de estacionamiento; la piedra será de los diámetros - requeridos, según los espesores de concreto a vaciar; la are na a emplear será limpia.

Antes de vaciar el concreto, el Ing. Inspector deberá apro-- bar la colocación de la armadura de acuerdo al plano.

Se evitará la segregación de los materiales en los vaciados - de altura.

Se evitará la acción directa de los rayos del sol, durante - las 48 horas después del vaciado el "curado" del concreto - con agua, se hará diariamente durante 7 días seguidos.

a) En climas fríos o cálidos, se tomarán precauciones para - la elaboración de concretos, o se recurrirá al uso de adi tivos especiales para este fin.

b) En climas fríos, con temperaturas menores de 4°C, se reco

mienda usar agua caliente y aún en casos extremos calentar - la arena y grava; debe protegerse el concreto fresco de las heladas, usando encofrados o coberturas aislantes.

- c) En climas calurosos con temperaturas en el día mayores de 32°C, es preferible vaciar concretos durante la noche, en el entendido de que la temperatura es mucho menor.

Se recomienda enfriar los agregados y usar agua enfriada artificialmente con hielos, probablemente en partes iguales.

Los agregados, así como el agua, deberán mantenerse en un lugar fresco y a la sombra.

#### 2.8. Encofrados.

Los encofrados serán prácticamente indeformables y estancos; los plazos para desencofrado, usando cemento Portland, serán los siguientes

Muros	3 días
Losa de cubierta	21 días

Estos plazos podrán ser disminuídos, con resistencias análogas, empleando aceleradores de fragua.

#### 2.9. Instalación de Tuberías.

Se instalará el sistema de tuberías indicado en el plano correspondiente a "caseta tipo".

#### 2.10. Prueba Hidráulica.

Se llenará el reservorio lentamente con agua y se observará atentamente si hay fugas debidas a porosidad del concreto, -

juntas de construcción y otros. La prueba a tanque lleno, - durará 24 horas; si no se producen filtraciones de dará por- terminada la prueba y se procederá al enlucido impermeabili- zante. En caso contrario se harán los resanes necesarios y se repetirá la prueba hasta obtener resultados satisfacto -- rios.

2.11. Impermeabilización.

El preparado con impermeabilizante debe emplearse dentro de 3 ó 4 horas desde su preparación.

Se protegerá la impermeabilización de los efectos de deseca- ción rápida por los rayos solares por ejemplo el "curado" - con agua, se hará durante 4 días seguidos.

Se impermeabilizarán las superficies en contacto con el agua hasta los 10 cms. por encima del nivel de rebose.

2.12. Varios.

Por la brevedad de estas especificaciones se ha omitido va- rios detalles que se dan por conocidos en toda buena cons -- trucción.

En general los concretos, deberán ser bien elaborados con la menor relación de agua-cemento, que haga la mezcla trabaja-- ble (se recomienda 0.5) lo que dará mayor resistencia, con - la granulometría adecuada para evitar porosidades.

Las secciones vaciadas no deberán sufrir vibraciones durante 3 días.

Debe tenerse cuidado con la retracción del concreto, para lo

que se recomienda evitar la desecación rápida haciendo un cu  
rado enérgico o usando compuestos especiales.

### INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LOS HIPOCLORADORES DE FLUJO-DI- FUSION.-

#### Generalidades.

Estos hipocloradores están diseñados para ubicarlos en reci-  
pientes donde el flujo es constante.

Cada uno de estos hipocloradores están diseñados para entre-  
gar un promedio de 40 a 50 gramos por día en un gasto cons-  
tante de 1 lt/seg. es decir permite una concentración de 0.5  
p.p.m.

En caso de que el flujo no sea constante la concentración au  
mentará de acuerdo al volumen de agua del recipiente.

#### Uso.

1. Quitar la capa y llenar el espacio anular con hipoclorito  
de calcio del 25% al 35%. Taconearlo para compactar el -  
polvo hasta llegar a 1 cm. del borde. En cada llenado de  
be entrar aproximadamente de 2.0 a 2.1 kg. de hipoclorito  
(Alcablanc marca registrada).
2. Si el gasto de 1 lt/seg. se debe remover el hipoclorito -  
entre los 15 y 20 días, de acuerdo a las condiciones del-  
agua y a pruebas que permitan obtener concentraciones de-  
0.1 p.p.m. en la red de distribución.
3. En caso de que el gasto sea mayor de 1 lt/seg. y no dis--

ponga de más de 1 unidad de hipocloración, la concentración de hipoclorito en el agua bajará de acuerdo al gasto dado.

4. Para cambiar el hipoclorito de calcio, será suficiente — con vaciar las sales calcáreas y demás residuos del hipoclorador y lavarlo con agua antes de volver a llenarlo.

#### Instalación.

1. Los hipocloradores deben instalarse sumergidos y con flujo constante a fin de que entregue al sistema la cantidad de cloro necesario.

#### ADMINISTRACION DE SERVICIOS Y SISTEMA TARIFARIO.

En toda Obra de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado, la Administración de Servicios, viene a ser uno de los aspectos más importantes.

La ciudad de San Rafael, de acuerdo al número de habitantes — es considerada como ciudad urbana por lo tanto, estará regida por las Normas del Ministerio de Vivienda, quien por intermedio de la Dirección General de Obras Sanitarias, con sus respectivas dependencias, como Regionales y Direcciones de Operación y Mantenimiento de Agua Potable y Alcantarillado, se encargará de la ejecución de la Obra y Administración del Servicio, para esto cuenta con una Oficina de Agua Potable, en las localidades que tienen dicho sistema.

El personal administrativo de dicha Oficina está constituido generalmente por un administrador, un secretario y obreros.

Las funciones administrativas son :

- Recaudación de datos para cobro de las tarifas de consumo, estos datos son enviados a la Regional respectiva, en la cual son procesados emitiendo los recibos a cobrar en forma mensual a cada usuario.
- Cobro de las tarifas de consumo, el cual se hace en la misma Oficina.
- Mantenimiento y operación del sistema.

SISTEMA TARIFARIO.

El sistema opera en función a tarifas diferenciales basados en un consumo mensual.

El siguiente cuadro representa el volumen tarifario empleado por el Ministerio de Vivienda.

Cuadro 1

Consumo	Ø	V/m3.	V/m3.
		Hasta el límite	Por encima del límite
DOMESTICO.	20 ½"	17.50	20
	15 ½"	15.00	17.00
COMERCIAL.	50 ½"	30.00	34.00
	30 ½"	25.00	29.00
INDUSTRIAL.	100 ½"	60.00	68.00
	60 ½"	50.00	57.00

A las tarifas antes mencionadas, se le incrementará el 30% al consumo total cuando la vivienda cuente con el servicio de alcantarillado.

La clasificación de Doméstico 20 corresponde a una dotación mínima de 20 m<sup>3</sup>. por mes a cada vivienda.

El doméstico 15 corresponde a una dotación de 15 m<sup>3</sup>. por mes a cada vivienda encuadrada dentro de los pueblos jóvenes.

Las dotaciones mínimas comerciales e industriales corresponden a la importancia de éstas.

El diámetro especificado en el cuadro corresponde a la dimensión utilizada en las conexiones domiciliarias, y para el caso en que el diámetro sea mayor al especificado en dicho cuadro, se usan coeficientes para aumentar el volumen mínimo de consumo sin variar la tarifa por metro cúbico.

En el siguiente cuadro se dan los coeficientes antes mencionados.

Cuadro 2

Coefficientes para incrementar el Consumo Mínimo para la Variación de Diámetros

$\emptyset$	Coefficiente
1/2"	1
3/4"	2
1"	4
1 1/2"	8
2"	10
3"	20
4"	30

## INDICE

1. GENERALIDADES.
  - 1.1. Breve reseña histórica.
  - 1.2. Aspecto geográfico :

Situación, límites, superficie, altura, clima, temperatura, orografía, hidrografía.
  - 1.3. Aspectos económicos :

Extracción, agricultura, ganadería, industria, artesanía, trabajo, Sindicatos o Asociaciones de trabajadores. Problemas económicos.
  - 1.4. Información complementaria :

Características del poblador, transporte, principales festividades, enfermedades predominantes en la zona, población según encuestas.
  
2. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. 18
  - 2.1. Agua potable :

Tipo de sistemas, partes, captación, sedimentador, reservorio de almacenamiento, línea de conducción, aducción y red de distribución.
  - 2.2. Alcantarillado.
  - 2.3. Administración.
  - 2.4. Conclusiones.
  
3. ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA. 23
  - 3.1. Período de diseño.
  - 3.2. Métodos para estimar la población futura.
  - 3.3. Selección de métodos para determinar la población futura.
  - 3.4. Determinación de la población futura.
  - 3.5. Area urbana actual y expansión futura.

- 3.6. Densidad poblacional.
- 3.7. Población de saturación.
- 3.8. Población de diseño.
- 4. DOTACION Y CONSUMOS.
  - 4.1. Dotación. Factores que determinan la dotación. Normas para determinar la dotación.
  - 4.2. Consumo : Doméstico, Público, Industrial,- Comercial, Pérdida en la red.
  - 4.3. Conclusiones.
  - 4.4. Variaciones de consumo.
- 5. ESTUDIO DE FUENTES. 37
  - 5.1. Fuentes en la zona.
  - 5.2. Conclusiones.
  - 5.3. Calidad de agua.
- 6. INGENIERIA DEL PROYECTO. 47
  - 6.1. Abastecimiento Actual.
  - 6.2. Alternativa propuesta.
  - 6.3. Componentes de la alternativa.
  - 6.4. Diseño de la alternativa propuesta.
    - 6.4.1. Captación.
    - 6.4.2. Línea de Conducción.
    - 6.4.3. Planta de Tratamiento.
      - 6.4.3.1. Estudios preliminares.
      - 6.4.3.2. Diseño de las unidades de la planta de tratamiento.
      - 6.4.3.3. Verificación del sedimentador existente.
      - 6.4.3.4. Diseño del filtro lento mo dificado.
    - 6.4.4. Volumen de almacenamiento.
      - 6.4.4.1. Normas para determinar la capacidad del reservorio.

6.4.4.2. Volúmen de Regulación y Diagrama de Masas.

6.4.4.3. Volúmen de reserva.

6.4.4.4. Volúmen del reservorio.

6.4.5. Línea de Aducción.

6.4.6. Red de Distribución.

7.	METRAO Y PRESUPUESTO.	120
8.	ESPECIFICACIONES TECNICAS - ADMINISTRACION DE SERVICIOS Y SISTEMA TARIFARIO.	126

## BIBLIOGRAFIA

- MECANICA DE LOS FLUIDOS.

Víctor L. Streeter.

- MANUAL DE HIDRAULICA.

J.M. DE Acevedo Netto.

- INGENIERIA SANITARIA.

Ing. Alfredo Mendiola.

- TRATAMIENTO DE POTABILIZACION DE LAS AGUAS.

Gustavo Rivas Mijares.

TRATAMIENTO DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO.

José M. De Acevedo Netto.

- ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Arboleda - Uruguay.

- GUIAS PARA EL DISEÑO DE PLANTAS DE FILTRACION LENTA.

Ing. Lidia Cánepa de Vargas.

Ing. José Pérez Carrión.

CEPIS - OPS - OMS.