

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“AMPLIACION Y MEJORAMIENTO  
DEL  
SISTEMA DE AGUA POTABLE  
Y  
DESAGUE  
DE LA  
CIUDAD DE LA UNION HUANUCO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
“INGENIERO CIVIL”**

**LUIS FRANCISCO DIAZ SOLANO**

**TOMO I**

**LIMA – PERU  
2010**

## INDICE

	<b>PAGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>RELACIÓN DE CUADROS</b>	<b>III</b>
<b>RELACIÓN DE GRAFICOS</b>	<b>V</b>
<b>RELACIÓN DE TABLAS</b>	<b>VI</b>
<b>RELACIÓN DE FOTOGRAFIAS</b>	<b>VII</b>
<b>RELACIÓN DE FIGURAS</b>	<b>VIII</b>
<b>RELACIÓN DE ESQUEMAS</b>	<b>IX</b>
<b>RELACIÓN DE PLANOS</b>	<b>X</b>

### **CAPITULO I : ANTECEDENTES**

1.00.0	ANTECEDENTES	1
1.01.0	DATOS GEOGRÁFICOS	4
1.02.0	DATOS SOCIO ECONOMICOS	8
1.03.0	SERVICIOS	13
1.04.0	PROBLEMÁTICA, JUSTIFICACION, OBJETIVOS	18
1.05.0	ESTUDIOS BASICOS	21
1.05.1	TOPOGRAFIA	21
1.05.2	GEOLOGIA Y GEOTECNIA	23
1.05.3	FUENTES DE ABASTECIMIENTO	24
1.05.4	AFORO	28
1.05.5	ELECCION DE LA FUENTE	30
1.06.0	ALCANCES DEL PROYECTO	32

## **CAPITULO II :**

### **DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESAGÜE**

2.00.0	SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DESAGUE DE LA CIUDAD DE LA UNION	36
2.01.0	SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	36
2.02.0	SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DESAGUE	42

## **CAPITULO III : CRITERIOS DE DISEÑO**

3.00.0	CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO	46
3.01.0	DOTACIONES DE AGUA	46
3.01.1	FACTORES QUE AFECTAN AL CONSUMO	47
3.01.2	FACTORES SOCIO ECONOMICOS	49
3.01.3	FACTORES CLIMATOLOGICOS	49
3.01.4	TAMAÑO DE LA COMUNIDAD	49
3.01.5	OTROS FACTORES	50
3.02.0	PERIODO DE DISEÑO	50
3.03.0	VARIACIONES DE CONSUMOS	56
3.03.1	DOTACION PROMEDIO	56
3.03.2	CAUDAL MAXIMO DIARIO	57
3.03.3	CAUDAL MAXIMO HORARIO	58
3.03.4	CAUDAL MÁXIMO MAXIMORUM	59
3.03.5	INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO	59
3.04.0	CÁLCULO DEL PERIODO DE DISEÑO	62
3.05.0	METODOS DE ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA	63
3.05.1	POBLACION DE DISEÑO	65
3.05.2	ESTIMACION DE LA POBLACION DE DISEÑO	66
3.05.3	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA	76
3.06.0	CÁLCULO DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO	78
3.07.0	PARAMETROS DE DISEÑO	80

## **CAPITULO IV : DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE AGUA POTABLE**

4.00.0	SISTEMA DE AGUA POTABLE	81
4.01.0	CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO	81
4.02.0	DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	82
4.03.0	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	83
4.04.0	CAPTACIÓN	84
4.04.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN	85
4.04.2	DISEÑO CAPTACION	84
4.05.0	RED DE DISTRIBUCIÓN	85
4.05.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	85
4.05.2	ELECCION DEL TIPO DE RED DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	91
4.05.3	CAUDAL DE DISEÑO	93
4.05.4	DIAMETROS Y PRESIONES	96
4.05.5	DISEÑO DEL DIAMETRO DE LA LINEA DE CONDUCCION	110
4.05.6	COTA DE RESERVORIO	110
4.06.0	RESERVORIO	112
4.06.1	CONSIDERACIONES HIDRAULICAS DE DISEÑO DEL RESERVORIO	113
4.06.2	CAPACIDAD DEL RESERVORIO	113
4.06.3	UBICACIÓN DEL RESERVORIO	115
4.06.4	TIPO DE RESERVORIO	116
4.06.5	CALCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO	116
4.06.6	VOLUMEN DEL RESERVORIO	117
4.06.7	COSTO DE RESERVORIO	118
4.06.8	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO	122
4.07.0	LINEA DE ADUCCION	127
4.07.1	CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LINEA DE ADUCCION	127
4.08.0	ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	129
4.08.1	DESARENADOR	129
4.08.2	DISEÑO HIDRAULICO DEL DESARENADOR	129

## **CAPITULO V :**

### **DISEÑO DEL NUEVO COLECTOR PRINCIPAL, EMISOR Y PLANTA DE TRATAMIENTO**

5.00.0	SISTEMA DE ALCANTARILLADO	133
5.01.0	CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO	133
5.01.1	TIPO DE ALCANTARILLADO	133
5.01.2	PERIODO DE DISEÑO	134
5.01.3	COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	134
5.01.4	ASIGNACION DE CAUDALES Y CAUDAL DE DISEÑO	136
5.01.5	DISEÑO HIDRAULICO	136
5.01.6	CONDICIONES DE OPERACIÓN	137
5.01.7	MATERIAL DE LA TUBERIA	139
5.02.0	COLECTOR PRINCIPAL	139
5.02.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	139
5.03.0	CAUDAL DE DISEÑO	151
5.04.0	DISEÑO DEL COLECTOR Y EMISOR	154
5.05.0	AGUAS RESIDUALES	156
5.05.1	OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	156
5.05.2	PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS	157
5.05.3	TRATAMIENTO PRIMARIO	158
5.05.4	SEPARACION DE LOS SÓLIDOS GRUESOS	158
5.05.5	SEPARACION DE ARENA	159
5.05.6	CONTROL DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES	159
5.05.7	SEPARACION DE GRASAS	159
5.06.0	TRATAMIENTO SECUNDARIO	160
5.06.1	AIREADAS	161
5.06.2	FACULTATIVAS	161
5.06.3	ANAEROBICAS	162
5.07.0	PROCESOS COMPLEMENTARIOS	162
5.08.0	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESAGUE	162
5.09.0	EVALUACION DEL CUERPO RECEPTOR	163
5.09.1	D.B.O. DE MEZCLA	164
5.09.2	CF DE LA MEZCLA	164
5.10.0	LAGUNA DE ESTABILIZACION DE LA CIUDAD DE LA UNION	165

5.11.0	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	165
5.11.1	DISEÑO DE LA TUBERIA DE INGRESO	167
5.11.2	DISEÑO DE LA CAMARA DE REJAS	169
5.11.3	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE ALIVIO	173
5.11.4	DISEÑO DEL DESARENADOR	175
5.11.5	DISEÑO DEL MEDIDOR DE CAUDALES	177
5.11.6	DISEÑO TRAMPA DE GRASAS	178
5.12.0	LAGUNAS FACULTATIVAS CONSIDERACIONES GENERALES	180
5.12.1	DISEÑO DE LA LAGUNA FACULTATIVA	182

## **CAPITULO VI : ESPECIFICACIONES TECNICAS**

6.00.0	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	186
6.01.0	DE LAS ESPECIFICACIONES	186
6.02.0	ERRORES U OMISIONES	186
6.03.0	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	186
6.04.0	TRABAJOS PRELIMINARES	187
6.04.1	TRAZO Y REPLANTEO	187
6.05.0	CONCRETO	187
6.06.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	187
6.07.0	MOVIMIENTO DE TIERRAS	187
6.08.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE PVC	187
6.09.0	PRUEBA DE TUBERIAS DE PVC A ZANJA ABIERTA	188
6.10.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS DE PVC	188
6.11.0	DESINFECCIÓN DE TUBERÍAS PARA AGUA POTABLE	188
6.12.0	ALBAÑILERIA	188
6.13.0	CARPINTERIA METALICA	188
6.14.0	CONEXION DOMICILIARIA	188

## **CAPITULO VII : COSTOS, METRADOS Y PRESUPUESTO**

7.00.0	PARTIDAS	189
7.00.1	TRABAJOS PRELIMINARES	189
7.00.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	189
7.00.3	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	190
7.00.4	ALBAÑILERIA	190

7.00.5 OBRAS DE CONCRETO ARMADO	190
7.00.6 INSTALACION DE TUBERIAS	190
7.00.7 INSTALACION DE ACCESORIOS	190
7.00.8 CARPINTERIA METALICA	190
7.00.9 INSTALACIONES DOMICILIARIAS	191
7.00.10 PRUEBAS DE CALIDAD	191
7.00.11 DESINFECCION DE TUBERIAS	191
7.01.0 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	191
7.02.0 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO DE LA AMPLIACION DEL SISTEMA DE DESAGÜE Y PLANTA DE TRATAMIENTO	194

### **CAPITULO VIII : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.00.0 CONCLUSIONES	199
8.01.0 RECOMENDACIONES	200

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

ANEXO I : <b>SOLUCION SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>	201
ANEXO II : <b>ESQUEMA FINAL DE FUNCIONAMIENTO</b>	211
ANEXO III : <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL DESARENADOR</b>	216
ANEXO IV : <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO</b>	223
ANEXO V : <b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	227
ANEXO VI : <b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>	268
ANEXO VII : <b>PRESUPUESTO GENERAL, RELACIÓN DE INSUMOS Y ANALISIS UNITARIOS</b>	270

## **RESUMEN**

El desarrollo de la Tesis profesional que se presenta tiene por objetivo rediseñar e implementar los Sistemas de Agua Potable y Desagüe Sanitario de la Ciudad de La Unión, Capital de la Provincia de Dos de Mayo del Departamento de Huánuco, que tienen una antigüedad de mas de 50 años, habiéndose deteriorado por esta condición las tuberías de fierro fundido de los sistemas; presentando fisuras y tuberculización de las mismas lo que ocasiona la contaminación de las aguas que llegan a los domicilios, complementariamente las capacidades del reservorio de almacenamiento resulta insuficiente para satisfacer las variaciones de consumo de la población que ha crecido considerablemente y en lo que respecta al aspecto estructural el mismo presenta deficiencias al igual que lo relativo a la estanqueidad.

Se describe el nuevo diseño del Sistema de Agua Potable que consta de una obra de captación, un desarenador, línea de aducción y de conducción así como todo el Sistema de Distribución, incluyendo instalaciones domiciliarias.

En el Sistema de Desagüe que funciona a gravedad se ha rediseñado el Colector Principal y el Emisor y se ha implementado una Planta de Tratamiento de las aguas servidas, del Tipo Facultativo (serie-paralelo), con la finalidad de reducir la descarga contaminante antes de verterlas al río Vizcarra.

La fuente de abastecimiento de agua en calidad y cantidad suficiente proviene de un manantial de agua subterránea ubicado en las laderas del Cerro de Marka Ragra; pero en época de invierno las mismas se contaminan con el barro que arrastra motivo por el cual se ha implementado el desarenador.

Para el calculo de la población futura se ha fijado un periodo de vida útil de veinte años (2005-2025) y el análisis poblacional se ha realizado con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) filial Huánuco de los Censos poblacionales de los años 1940,1961,1972,1981,1993.

Los diseños hidráulicos de los Sistemas de Agua y Desagüe se realizaron de conformidad con las normas vigentes correspondientes al Capítulo del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En el Sistema de Agua se ha utilizado la ecuación de Hazen & Williams y el material de las tuberías utilizado es de PVC, con un valor de  $C_{H\&W}=140 \sqrt{P} / \text{seg}$  clase A-5.

Para el Sistema de Desagüe se ha hecho uso de la Ecuación de Manning habiéndose adoptado como material de las tuberías de desagüe el cloruro de Polivinilo (PVC), con un coeficiente de rugosidad  $n= 0.010$ .

En el diseño de las Lagunas de Estabilización se han seguido las normas establecidas en el programa de Tratamiento de Aguas Residuales de la OPS/CEPIS, habiéndose previsto la construcción en dos etapas con finalidad de optimizar el uso del dinero disponible.



## 1.00.0 ANTECEDENTES

La Ciudad de La Unión se crea por la Ley Transitoria del 2 de Enero de 1857, dada en la Casa de Gobierno, que por ese entonces se ubicaba en el Callao, por el Presidente provisorio de la Republica el Libertador Ramón Castilla, con el nombre de Aguamiro como parte de la Provincia de Huamalés, perteneciente por ese entonces al Departamento de Junín.

Se considera como Norma Legal de creación del Distrito de La Unión, la Ley del 5 de febrero de 1875; que en su artículo único dice a la letra:

***“Los pueblos de Aguamiro y de Ripán, pertenecientes a la Provincia de Dos de Mayo, forman uno solo, con el título de Villa de La Unión”.***

En esta Ley se considera a la Ciudad de Aguamiro como pueblo mas no como Distrito, manteniendo la denominación establecida en la Ley anterior.

Después de 45 años, el 16 de agosto de 1920, mediante Ley Regional N° 226; la Villa de La Unión que es la capital de la Provincia de Dos de Mayo, es elevada a categoría de Ciudad, que cinco años después, el 14 de diciembre de 1925, mediante Ley N° 5314; nuevamente se eleva a la categoría de Ciudad a la Villa de La Unión, Capital de la Provincia de Dos de Mayo, en el Departamento de Huánuco. <sup>(4)</sup>

El Gráfico N° 01 DIVISIÓN POLÍTICA DEL PERÚ, muestra al Departamento de Huánuco con sus límites Departamentales y el Gráfico N° 02 la División Política del Departamento de Huánuco; asimismo el cuadro N° 01 nos muestra las Provincias del Departamento de Huánuco con la superficie de cada una de ellas expresada en Km<sup>2</sup> y su porcentaje pertinente.



## 1.01.0 DATOS GEOGRÁFICOS

### UBICACIÓN

El presente trabajo de tesis se ubica en:

**REGIÓN** : HUÁNUCO

**PROVINCIA** : DOS DE MAYO

**DISTRITO** : LA UNION

**CIUDAD** : LA UNION

Cabe indicar que la Región Huánuco, está conformada por lo que en el pasado constituyeron las Provincias del Departamento de Huánuco,

CUADRO N° 01  
PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

N°	PROVINCIA	CAPITAL	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	%
01	Ambo	Ambo	1581,00	4,29
02	Dos de Mayo	La Unión	1438,88	3,90
03	Huacaybamba	Huacaybamba	1743,70	4,73
04	Huamalies	Llata	3144,50	8,53
05	Huánuco	Huánuco	4022,54	10,92
06	Lauricocha	Jesús	1860,13	5,05
07	Leoncio Prado	Tingo Maria	4952,99	13,44
08	Marañón	Huacrachuco	4801,50	13,03
09	Pachitea	Panao	2629,96	7,14
10	Puerto Inca	Puerto Inca	9913,94	26,90
11	Yarowilca	Chavinillo	759,71	2,07
TOTAL			36848,85	100,00

FUENTE INEI 2006

### LOCALIZACION.

La Provincia de Dos de Mayo, se localiza en la parte central y occidental del Departamento de Huánuco, la capital de esta Provincia es la Ciudad de La Unión, cabe resaltar que esta Ciudad es también capital del Distrito del mismo nombre.



La Ciudad de La Unión se desarrolla sobre la margen izquierda del río Vizcarra como se muestra en el Gráfico N° 03 División Política de la Provincia de Dos de Mayo.

## SUPERFICIE TERRITORIAL

La Provincia de Dos de Mayo está conformada por nueve Distritos con una extensión de 1438.88 Km<sup>2</sup> y el Distrito de La Unión tiene un área de 167.1 Km<sup>2</sup> representando el 11.61% de la Provincia de Dos de Mayo, y que a su vez constituye el 0.45% del Departamento de Huánuco.

CUADRO N° 02  
DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE DOS DE MAYO

N°	DISTRITO	CAPITAL	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	%
01	Marías	Marías	608,05	42,26
02	Chuquis	Chuquis	151,25	10,51
03	Quivilla	Quivilla	33,60	2,34
04	Yanas	Yanas	36,31	2,52
05	Pachas	Pachas	264,74	18,40
06	Shunqui	Shunqui	32,26	2,24
07	Sillapata	Sillapata	70,53	4,90
08	Ripán	Ripán	75,04	5,22
09	La Unión	La Unión	167,10	11,61
TOTAL			1438,88	100,00

FUENTE INEI 2005

## LIMITES

Los límites de la Ciudad de La Unión mostrados en el Gráfico N° 03 División Política de la Provincia de Dos de Mayo, son los siguientes:

**Por el Norte y Noreste** : Distritos de Ripán y Sillapata.

**Por el Este** : Distrito de Sillapata

**Por el Sur** : Provincia de Lauricocha.

**Por el Oeste** : Departamento de Ancash.



## ALTITUD

La Ciudad de La Unión se encuentra ubicada a una altitud de 3230 msnm.

## COORDENADAS

Las coordenadas de la Ciudad de la Unión son:

- 09° 49'      Latitud Sur.
- 76° 48'      Longitud Oeste.

## CLIMA

El clima de Ciudad de La Unión es el típico de una Ciudad ubicada en la sierra alta de nuestro país, es frío en invierno y templado en verano.

La temperatura de la zona varía durante el día entre los 08°C a 25°C y llegando por las noches a registrarse temperaturas de hasta 0°C, en las estaciones de Invierno y Verano.

Posee una humedad seco-frío, con precipitaciones fuertes en el periodo de Octubre a Mayo. Generalmente no se aprecian vientos fuertes, a excepción de la estación de otoño en la que se presenta una ligera ventisca en los meses de Septiembre y Octubre.

## FISIOGRAFIA

El Distrito de La Unión (tomado del informe geológico del Proyecto: **“Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de La Unión”- Región Huánuco**) <sup>(7)</sup>, se halla en la Provincia fisiográfica de la sierra, en la sub. Cuenca del río Vizcarra, en el ámbito territorial el Distrito se ubica en su totalidad en la cuenca hidrográfica del río Marañón, (Alto Marañón), la que finalmente pertenece a la Hoya Hidrográfica del Amazonas.

La Provincia de La Unión cuenta con diferentes paisajes como valle estrecho coluvio aluvial; en el fondo del valle de Vizcarra terrazas cuya sedimentación clástica debió ser aluvial, con un amplio sector de topografía plana, laderas en



las montañas y pequeñas colinas ubicadas en la parte alta del valle del río Vizcarra.

En el Distrito de La Unión se han identificado grandes paisajes tales como laderas estructurales, que se ubican en las laderas del río Vizcarra, formado por depósitos de grava gruesa del tipo aluvial y coluvial que como estratos se formaron en el periodo de la secuencia triásica y jurásica inferior en donde la sedimentación de aquellos materiales estuvo estructuralmente activa y controlada, la composición litológica de la zona es de cantos rodados, gravas gruesas y areniscas.

Las gravas gruesas forman un inmenso depósito de 300 m de espesor, con una área de 1700 Ha, situado al sudeste de la Ciudad, en la parte alta de la margen derecha del río Vizcarra.

## **HIDROGRAFIA**

El Distrito de La Unión es atravesado por dos ríos, el Río Vizcarra atraviesa de Sur a Norte, y el río Chacamayo de Este a Oeste afluente del primero.

No se cuenta con estación hidrográfica en la zona.

### **1.02.0 DATOS SOCIO ECONOMICOS**

#### **IDIOMA**

La Mayoría de población de la Ciudad de La Unión habla el español; pero también se encuentran quechua hablantes provenientes de los caseríos mas alejados del centro poblado.

#### **DEMOGRAFIA**

El análisis sobre los aspectos demográficos de la población del Distrito de La Unión se realizó considerando los resultados censales de los años 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2005 <sup>(4)</sup>, teniendo en cuenta únicamente a la población nominalmente censada, cabe mencionar que el censo de 1940 arrojó una población de 7013 habitantes, esto es debido a que en ese año el Distrito de La



Unión lo conformaban los Distritos de Ripán (creado como Distrito el 31/12/58) y Sillapata (creado como Distrito el 18/09/1951), no siendo posible conocer para dicho censo cual fué la población de Ripán y Sillapata con sus centros poblados.

La Ciudad de La Unión es el Mayor centro urbano de la Provincia de Dos de Mayo, El Cuadro 03 DATOS CENSALES DE LA PROVINCIA DOS DE MAYO Y DISTRITO DE LA UNION muestra las variaciones de la población a lo largo de los últimos censos llevados a cabo en nuestro país.

CUADRO N° 03  
POBLACION TOTAL NOMINALMENTE CENSADA  
DISTRITO DE LA UNION

AÑO CENSAL	DISTRITO DE LA UNION				TOTAL HAB	PROVINCIA DOS DE MAYO HAB
	URBANA		RURAL			
	HAB	%	HAB	%		
08/06/1940	1672	23,84	5341	76,16	7013	21170
02/07/1961	2013	63,64	1150	36,36	3163	27252
04/06/1972	2537	66,96	1252	33,04	3789	31551
12/07/1981	3055	65,81	1587	34,19	4642	33353
11/07/1993	3885	69,92	1671	30,08	5556	39806
Julio 2005	4671	76,01	1474	23,99	6145	42825

FUENTE INEI 2005

El censo del año 2005 para el Distrito de La Unión arrojó una población de 6145 habitantes; y que de ellos 4671 habitantes viven en el centro urbano del Distrito de Dos de Mayo, esto representa al 76.01 % de la población del Distrito de La Unión, concluyéndose que la población del Distrito de Dos de Mayo es Mayoritariamente urbana.

Esta tendencia se ha mantenido durante los últimos 65 años.

## ECONOMIA

La dinámica económica del Distrito de La Unión, tiene una marcada diferencia con respecto a los otros ocho Distritos que conforman la Provincia de Dos de Mayo, el ser capital Provincial y Distrital al mismo tiempo, ha convertido a la Ciudad en el núcleo comercial de la Provincia. Esto favorece la dinámica económica de la población del Distrito de La Unión.



El Cuadro N° 04 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POBLACIÓN MAYOR DE 15 AÑOS, muestra que la actividad económica mas importante del Distrito de la Provincia de La Unión es la agricultura; cuya producción se dirige en aproximadamente un 60% al consumo del mercado interno, lo mismo ocurre con las actividades pecuarias.

CUADRO N° 04  
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA  
POBLACION MAYOR DE 15 AÑOS  
DISTRITO DE LA UNION

ITEM	ACTIVIDAD ECONOMICA	PROVINCIA DOS DE MAYO		DISTRITO La Unión	
		TOTAL	%	TOTAL	%
1	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	5051	51,15	370	24,87
2	Explotación de minas y canteras	14	0,14	7	0,47
3	Industria Manufacturera	533	5,40	74	4,97
4	Suministro eléctrico gas y otros	3	0,03	3	0,20
5	Construcción	74	0,75	22	1,48
6	Comercio, repuestos vehículos	447	4,53	209	14,05
7	Hoteles y restaurantes	61	0,62	26	1,75
8	Transporte, almacenes y comunicaciones	57	0,58	32	2,15
9	Intermediación financiera	5	0,05	4	0,27
10	Actividades Inmobiliarias, emp alquileres	34	0,34	16	1,08
11	Adm, publica y defensa, P. seg soc. afil	300	3,04	241	16,20
12	enseñanza	452	4,58	147	9,88
13	Servicios sociales y de salud	32	0,32	15	1,01
14	Otras activ servicios comun. Soc. y pers.	41	0,42	7	0,47
15	Hogares privados con serv. Domestico	149	1,51	37	2,49
16	No especificado	1922	19,47	259	17,41
17	Buscando empleo por primera vez	699	7,07	19	1,25
TOTAL PEA		9874	100,00	1488	100,00

FUENTE INEI 2005

Las anteriores actividades económicas las hemos agrupado en cuatro grandes grupos Primaria, Secundaria, Terciaria y Desocupados, según el grado de dependencia de la actividad económica del poblador.



En el Cuadro N° 05 PEA SEGÚN ACTIVIDAD ECONOMICA para población Mayor de 15 años del Distrito de La Unión vemos que la concentración de la población en el ámbito urbano privilegia en la Ciudad de La Unión, el desarrollo de la actividad económica del sector terciario.

CUADRO N° 05  
PEA SEGÚN ACTIVIDAD ECONOMICA  
POBLACION MAYOR DE 15 AÑOS  
DISTRITO DE LA UNION

ITEM	NIVEL DE ACTIVIDAD ECONOMICA	ACTIVIDAD ECONOMICA	PEA			
			PARCIAL		TOTAL X ACTIV	
			POB	%	POB	%
1	PRIMARIA	AGROPECUARIA	370	24,87	377	25,34
		MINERIA	7	0,47		
2	SECUNDARIA	INDUSTRIA	74	4,97	96	6,45
		CONSTRUCCION	22	1,48		
3	TERCIARIA	COMERCIO	209	14,05	737	49,53
		SERVICIO	528	35,48		
4	DESOCUPADA	NO ESPECIFICADO	259	17,4	278	18,68
		BUSCANDO TRABAJO POR PRIMERA VEZ	19	1,28		
<b>TOTAL DE POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)</b>			<b>1488</b>	<b>100</b>	<b>1488</b>	<b>100,00</b>

FUENTE INEI 2005

El sector terciario con un 49.53% de la Población económicamente activa (PEA), esta dedicada a las actividades de comercio y de servicios La actividad comercial esta orientada a la venta de abarrotes (productos manufacturados) al por Mayor y menor, farmacias, ferreterías, librerías, venta de combustible (grifos), productos agropecuarios.

En lo concerniente a servicios en la Ciudad de La Unión encontramos establecimientos de Hospedaje, peluquería, sastrería, restaurantes, imprentas, servicio financiero (Banco de la Nación), servicio de Foto copiado, servicio de Internet.

## RECURSOS

Los recursos con que cuenta la Ciudad de La Unión, los podemos agrupar en dos grandes tipos:

- Recursos Naturales.
- Recursos Humanos.



---

## RECURSOS NATURALES

### a) PASTOS NATURALES

La topografía de la zona, las bajas temperaturas, las variaciones de las precipitaciones pluviales a lo largo del año influyen en la existencia de pastos naturales de las zonas aledañas a la Ciudad de La Unión, estos pastos son estacionales (la zona no cuenta con canales por lo que su riego depende de las lluvias), indicándose que los pastos producidos en la zona son de tallo pequeño.

### b) FLORA

En el Distrito de La Unión podemos encontrar diversas especies como el eucalipto, molle, pequeños bosque de tara, árboles de aliso, árboles de quinual, una fruta llamada saúco de la cual se preparan mermeladas.

### c) FAUNA

La fauna de la zona la constituyen especies que viven en estado de completa libertad, adaptados al medio ambiente, entre las especies que encontramos tenemos: vizcachas, mucas, zorrillos, lagartijas; en los ríos podemos encontrar truchas, bagres y entre las aves encontramos gavilanes, búhos, tucos, gorriones, palomas silvestres.

### d) MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los recursos de la zona disponibles para la ejecución del proyecto que se encuentran en la zona son: el agua, la tierra y las rocas. Los agregados fino y grueso son extraídos, del río Marañón (Norte de la Ciudad a unos 30 Kilómetros).

La arena gruesa, piedras grandes y medianas, son extraídas de una cantera ubicada en el cerro Tauripampa ubicado en la parte Sur La Unión (a una distancia de 3 Kilómetros) sobre la margen derecha del río Vizcarra.

## RECURSOS HUMANOS

La Ciudad de La Unión no cuenta con mano de obra calificada, la mano de obra calificada proviene de las Ciudades de Lima, Huánuco, Huaraz.



### 1.03.0 SERVICIOS

Los servicios que encontramos en la Ciudad de La Unión, son los de salud, educación, justicia, seguridad y defensa, financieros, electricidad.

#### SALUD

La Ciudad de La Unión cuenta con dos centros de salud, el primero ubicado entre los jirones Comercio y Virgen de Lourdes perteneciente a ESSALUD, y el segundo ubicado en la cuadra 10 del jirón Dos de Mayo perteneciente al Ministerio de Salud.

El local de ESSALUD atiende a los asegurados de los sectores aledaños, los servicios que brinda son:

- Medicina general
- Odontología
- Farmacia

Cuenta con 3 médicos, 1 dentista, 2 enfermeras, 2 técnicos de enfermería así como personal administrativo, la atención que brinda a los asegurados es de lunes a sábado en doble horario, por las mañanas de 9 a 12 y de 3 a 6 por las tardes.

El centro hospitalario del Ministerio de Salud: "Hospital La Unión", con una dotación de 50 camas, brinda los servicios de salud a población de la Provincia de Dos de Mayo desde el año 1974. Este hospital ofrece los servicios de:

- Medicina general
- Obstetricia
- Odontología
- Farmacia
- Emergencia
- Servicio de hospitalización

Cuenta con 6 médicos, 2 dentistas, 3 obstetras, 6 enfermeras, 8 técnicos de enfermería, así como personal técnico administrativo, funciona todos los días del año, con un horario de atención de lunes a sábado en doble horario.

En la actualidad el hospital fue remodelado como parte de su modernización, en la Foto N° 01 se aprecia el exterior de la zona remodelada.



Foto N° 01 EXTERIOR DE LA ZONA REMODELADA

Esta remodelación ha contemplado la construcción y equipamiento de:

- Dos salas de cirugía.
- Sala de partos.
- Sala de dilatación para la preparación de las parturientas.
- Sala de recuperación,

Así como ambientes para los servicios conexos como servicios higiénicos, salas de esterilización, depósitos de ropa y material estéril.

En la siguiente foto se muestra la entrada a la nueva sala de partos del Hospital de La Unión, al fondo una de las nuevas salas de operación.



Foto N° 02 INGRESO SALA DE PARTOS



## ELECTRICIDAD

La Ciudad de Unión se abastece de energía eléctrica, de la interconexión del Mantaro (Hidroeléctrica del Mantaro) las 24 horas del día, todas las calles disponen de alumbrado público y el 98% de hogares cuenta con conexiones eléctricas domiciliarias.

## EDUCACION

La Unión cuenta con centros de educación que abarcan los diferentes niveles de educación que se dan en nuestro país.

En el nivel superior encontramos la sede de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, los centros de educación superior como el Instituto Pedagógico Nacional Hermilio Valdizán (prepara profesores de diversos niveles) y el Instituto Tecnológico Superior Felipe Huamán Poma de Ayala. (Técnicos en: construcción civil, enfermería, secretariado, informáticos)

Cuenta además con centros de educación secundaria, primaria, nidos y jardines de infancia

CUADRO N° 06  
CENTROS DE EDUCACION  
CIUDAD DE LA UNION

N°	CENTRO EDUCATIVO	NIVEL DE EDUCACION										ALUM X CENTRO EDUC	INSTRUCCIÓN IMPARTIDA
		INICIAL		PRIMARIO		SECUNDARIO		SUPERIOR		UNIVERSITARIO			
		EST T	%	EST T	%	EST T	%	EST T	%	EST T	%		
01	NIDO DE INFANCIA	60	2,18									60	APRESTAMIENTO
02	JARDIN DE INFANCIA	150	5,46									150	APRESTAMIENTO
03	COLEGIO YAROWILCA			300	10,91	200	7,27					500	SECUNDARIA PRIMARIA
04	COLEGIO APLICACIÓN			600	21,82							600	PRIMARIA
05	COLEGIO DE MUJERES			250	9,09	150	5,46					400	SECUNDARIA PRIMARIA
06	COLEGIO PRIMARIA			600	21,82							600	PRIMARIA
07	IST FELIPE HUAMAN							120	4,36			120	TECNOLOGICA
08	ISP HERMILIO VALDIZAN							200	7,27			200	PEDAGOGICA
09	UN H VALDIZAN									120	4,36	120	UNIVERSITARIA
ALUMNOS POR NIVEL		210	7,64	1750	63,64	350	12,73	320	11,63	120	4,36	2750	TOTAL ALUMNOS

UGEL LA UNION-2005



El Cuadro N° 06 CENTROS DE EDUCACION, muestra la distribución de la población estudiantil de los diferentes centros educativos, en el se indican los diferentes niveles de educación que oferta cada institución, así como la cantidad de alumnos promedio que asisten a clase.

### SEGURIDAD

La Ciudad de La Unión cuenta con un puesto policial ubicado entre los jirones Dos de Mayo y Virgen de Lourdes, el puesto esta comandado por un Mayor y tiene una dotación de 20 efectivos policiales.

### COMUNICACIONES

La Ciudad de La Unión, esta comunicada con diferentes Ciudades del país, cuenta con los servicios de telefonía fija, fax, Internet, correo (SERPOST), emisoras radiales locales, radios de enlace directo, esta conectada por carretera con las Ciudades de Huánuco, Lima y Huaraz.

El Cuadro N° 07 CARRETERAS, muestra los accesos por vía terrestre con que cuenta la Ciudad de La Unión, se encuentra conectada a la Ciudad de Huánuco por la Carretera Huánuco – La Unión con 137.00 Km. de longitud, del tipo afirmada la cual se encuentra en malas condiciones; El tiempo promedio que demora el viaje en bus desde Huánuco al Distrito de La Unión es de cinco horas aproximadamente.

CUADRO N° 07  
CARRETERAS  
DISTRITO DE LA UNION

RUTA	CARRETERA	LONGITUD Km		TIEMPO Horas		SUPERFICIE DE RODADURA
		PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL	
1	Lima - Huánuco	415		8		Asfaltada
	Huánuco - La Unión	137	552	5	13	Afirmada
2	Lima - Huaraz	385		8		Asfaltada
	Huaraz - Huallanca	150		3		Asfaltada
	Huallanca - La Unión	30	565	1	12	Afirmada
3	Lima - Huallanca	400		8		Asfaltada
	Huallanca - La Unión	30	430	1	9	Afirmada

FUENTE: VERSION PROPIA

También La Ciudad de La Unión se comunica con la Capital del Perú, mediante la carretera Lima- Huaraz, que a la altura de Conococha se desvía hacia la Mina Huanzala y de ahí a la Unión.



CUADRO N° 08  
SERVICIO INTER PROVINCIAL  
CIUDAD DE LA UNION

N°	RUTA	EMPRESA	SERVICIO		
			HORA SALIDA	HORA LLEGADA	SALIDAS
1	LIMA LA UNION	ARMONIA	18,00	5,00	DIARIAS
2		CAVASA	18,00	5,00	DIARIAS
3		ESTRELLA POLAR	18,00	5,00	DIARIAS
4		ARMONIA	18,00	5,00	DIARIAS
5	HUÁNUCO LA UNION	TURISMO UNION	7,00	13,00	DIARIAS
6		HUALLAGA	7,00	13,00	DIARIAS
7		BRISAS DEL MONZON	7,00	13,00	DIARIAS
8	HUARAZ LA UNION	EL RAPIDO	6,00	12,00	DIARIAS
9		TURISMO	6,00	12,00	DIARIAS

FUENTE: VERSION PROPIA

El Cuadro N° 08 SERVICIO INTERPROVINCIAL, muestra las empresas de transporte que llegan regularmente a Ciudad de La Unión desde la capital del país, así como de los Departamentos vecinos, en el se indica la hora de salida, la hora de llegada a la Ciudad de La Unión, así como la frecuencia de salida.

### MERCADOS

La Ciudad de La Unión cuenta con un mercado ubicado entre las calles Comercio y Federico Ríos, en el se comercializa abarrotes, productos agrícolas, comida, ropa, calzado, telas, productos pecuarios (compra y venta aves, ganado en pie y sacrificado), también se ofrecen servicios como confección de ropa, imprentas, librerías, renovadoras de calzado, herrería, hojalatería, panadería, pintura.

### FINANCIERO

En la Ciudad existe una entidad bancaria ubicada entre los jirones Dos de Mayo y Unión, esta es una agencia del Banco de La Nación, en el se realizan operaciones bancarias de todo tipo como transferencias, pagos, cobros de cheques, envío de dinero, etc.

### TURISMO

En el Distrito de La Unión, el turismo de tipo cultural es de significativa importancia, debido a la existencia de restos arqueológicos de la época incaica denominada Huánuco Pampa,

La existencia de estos restos arqueológicos es un factor de importancia para el turismo, permite la existencia de de establecimientos de hospedaje que en

número de 6, tienen una oferta de 80 camas por noche, así mismo se tiene también 16 restaurantes, 2 discotecas.

Además se puede mencionar la existencia de baños termales medicinales como Conoc y Tauripampa.

En la Foto N° 03 se aprecia uno de los nueve pórticos existentes de la Época Incaica, que existen en la zona de Huánuco Pampa.

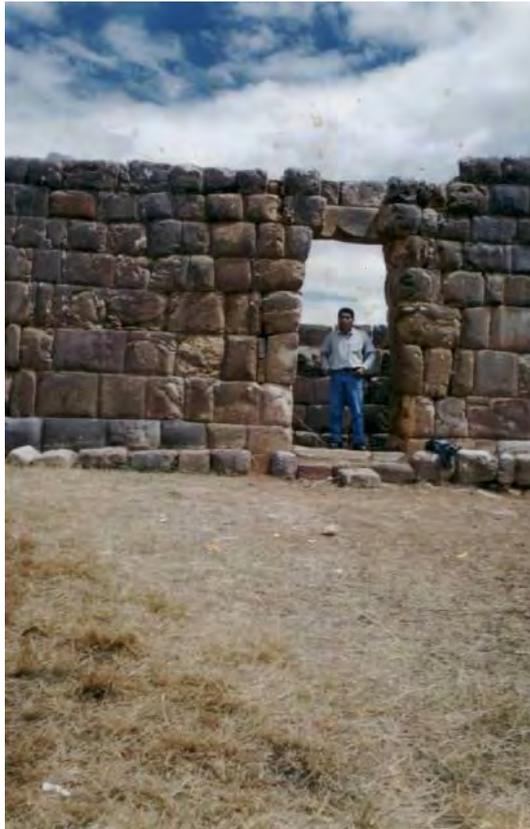


Foto N° 03 RUINAS DE HUÁNUCO PAMPA

## **SANEAMIENTO**

Se cuenta con servicio de Agua Potable pero en estado insuficiente y deficiente requiriendo su rehabilitación y ampliación de su servicio, así también se cuenta con un sistema de Desagüe de Aguas Servidas insuficiente y deficiente y no cuenta con servicios de Desagüe pluvial

### **1.04.0 PROBLEMÁTICA, JUSTIFICACION, OBJETIVOS**

#### **PROBLEMÁTICA**

La población de La Unión presenta un alto índice de enfermedades infecciosas de origen gastro intestinal.



El Cuadro N° 09 CAUSAS DE MORBILIDAD DEL SERVICIO DE EMERGENCIAS POR CICLOS DE VIDA, la enfermedad de Mayor incidencia, es la diarrea de presunto origen infeccioso, la causa mas probable de estas infecciones es debida al consumo de agua de mala calidad

CUADRO N° 09  
CAUSAS DE MORBILIDAD DEL SERVICIO DE EMERGENCIA POR CICLOS DE VIDA  
HOSPITAL DE LA UNION

DIAGNOSTICO	PERIODO DE VIDA														TOTAL	
	< 1 AÑO		1-4 AÑOS		5-9 AÑOS		10-19 AÑOS		20-49 AÑOS		50-64 AÑOS		>65 AÑOS			
	Pac	%	Pac	%	Pac	%	Pac	%	Pac	%	Pac	%	Pac	%	Pac	%
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	32	16,84	48	19,35	18	12,59	9	2,80	38	4,54	10	8,40	13	10,74	168	8,48
Otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias agudas	20	10,53	25	10,08	13	9,09	11	3,42	14	1,68	0	0,00	0	0,00	83	4,19
Fiebre no especificada	13	6,84	36	14,52	12	8,39	20	6,21	14	1,67	5	4,20	0	0,00	100	5,05
Herida de Región no especificada del cuerpo	13	6,84	0	0,00	9	6,29	12	3,73	15	1,79	4	3,37	0	0,00	53	2,68
Herida del cuero cabelludo	11	5,79	6	2,42	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	3,36	0	0,00	21	1,06
Otras nueve enfermedades	101	53,16	133	53,63	91	63,64	270	83,84	756	90,32	96	80,67	108	89,26	1555	78,54
TOTAL	190	100,00	248	100,00	143	100,00	322	100,00	837	100,00	119	100,00	121	100,00	1980	100,00

FUENTE HOSPITAL DE LA UNION

En el Cuadro anterior, el rubro de Otras nueve Enfermedades se considera catorce males como la Desnutrición, Traumatismos, Envenenamientos, Trastornos Mentales, Enfermedades del aparato genito urinario, Otitis, Embarazos en riesgo, Apendicitis etc.

De acuerdo al LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUAS de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Huánuco (DESA HCO), dos muestras (3 y 4), tomadas dentro de las instalaciones del Hospital de La Unión arrojaron presencia de coliformes fecales y calificando las muestras como: **“NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.”** (Ver anexo VI)

Esto es debido al mal estado de las tuberías de agua potable que por el paso de los años presenta fisuras en muchos tramos de su recorrido o debida a la contaminación producida por los desagües de la Ciudad.



En la actualidad los desagües de la Ciudad de la Unión se vierten sin ningún tratamiento directamente a los cauces de los ríos Vizcarra y Chacamayo.

Si el medio ambiente es insalubre sea rural o urbano, constituye un problema tan importante que puede juzgarse, posiblemente el Mayor para la salud pública. Se aprecia cuando faltan o son insuficientes las instalaciones para el tratamiento de los desechos y su disposición final.

## JUSTIFICACION

El medio ambiente insalubre se corrige o se mejora con obras de saneamiento cuyo objetivo es prevenir y evitar enfermedades eliminando el efecto nocivo del medio sobre el individuo, para lograr un mejor estado de salud física, mental y moral e incrementar la potencialidad económica; se entiende así la definición para saneamiento establecida por la Organización Mundial de la Salud que dice:

***“El control de todos aquellos factores en el ambiente físico del hombre que ejercen o pueden ejercer un efecto nocivo sobre su desarrollo físico, su salud y supervivencia.”***

La disposición sanitaria de los desechos es un aspecto fundamental del saneamiento del medio ambiente ya sea rural o urbano. La carencia de ella en forma adecuada por falta o deficiencia de instalaciones adecuadas, permite la polución y contaminación del suelo, del agua y de la atmósfera.

## OBJETIVOS

El Mejoramiento de las condiciones actuales de los sistemas de Agua Potable y de Desagüe Sanitario de la Ciudad de La Unión se reflejará de inmediato por la reducción en la incidencia de los padecimientos transmisibles como las diarreas, disenterías, tifoidea y paratifoidea, parasitosis, etc., y por consecuencia disminuirá la morbilidad originada por estos padecimientos.

Un sistema Sanitario para la disposición de desechos es aquel que proviene absolutamente el contacto de todos los elementos nocivos producidos por el hombre o a los animales con el agua el suelo o el aire. Puede proporcionar aprovechamiento de los desechos en usos diversos y, al no permitir la transmisión de las enfermedades mejorará las condiciones de vida de la Ciudad de La Unión y garantizara su desarrollo.



Los sistemas mas recomendados utilizan el agua como medio de arrastre y alejamiento de estos desechos. Se utilizará este sistema por que las casas de la Ciudad de La Unión cuentan con instalaciones de desagüe. El agua arrastra los desechos, incluyendo los de cocina, por tuberías enterradas que terminarán en una instalación adecuada para su disposición y tratamiento.

A este de sistema de servicio para la Ciudad de La Unión lo denominaremos “Sistema de Alcantarillado”.

### **1.05.0 ESTUDIOS BASICOS**

Los estudios considerados para la elaboración del proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua y Desagüe de La Unión” comprendieron estudios de topografía, geología, mecánica de suelos, de impacto ambiental, aforos.

#### **1.05.1 TOPOGRAFIA**

Los estudios topográficos que se llevaron a cabo durante el presente trabajo, se hicieron para determinar la planimetría y altimetría de La Ciudad de La Unión.

La Ciudad se desarrolla sobre la margen derecha del río Vizcarra (afuente del río Marañón) hasta la desembocadura del río Chacamayo (afuente del río Vizcarra), como se detalla en el PLANO N° 01 PLANO TOPOGRÁFICO DE LA CIUDAD DE LA UNION

Para el trabajo topográfico se ubicó un BM en la Plaza de Armas cuyas coordenadas son las siguientes:

- 09° 49'            Latitud Sur.
- 76° 48'            Longitud Oeste.
- 3230                msnm.

La topografía de la Ciudad de La Unión es predominantemente plana, se desarrolla entre las cotas 3240 msnm (barrio de Racri ubicado al noreste de la Ciudad) y los 3215 msnm (barrio de Chacamayo ubicada en la parte Sur).

La Ciudad de La Unión está asentada en el fondo del valle formado por material fluvio aluvial, con ligeras ondulaciones y pendientes moderadas, presentando una topografía abrupta en las laderas.

Como parte de los estudios de topografía se procedió al levantamiento catastral y a la realización de un inventario del estado de los componentes de los sistemas de agua potable y desagüe.

El catastro arrojó que la Ciudad de La Unión está dividida en 58 manzanas y 844 lotes, y que las calles de la Ciudad de La Unión suman un total de 6100 m, como se muestra en el Plano N° 02 PLANO DE MANZANAS E INSTITUCIONES PUBLICAS.

En la Foto N° 04 el equipo de ingenieros a cargo del estudio verificando el levantamiento topográfico en el barrio de Racri



Foto N° 04 TRABAJOS DE TOPOGRAFIA



## 1.05.02 GEOLOGIA Y GEOTECNIA

La FORMACIÓN LA UNIÓN (tomado del informe geológico del Proyecto: **“Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de La Unión”**-Región Huánuco) es una secuencia conformada por areniscas semi consolidadas que rellenan las depresiones topográficas entre el Puente Charán y La Unión, forma parte de la pampa de la Unión Huánuco Pampa, se encuentra expuesto en el flanco derecho del río Vizcarra yace de manera sub. Horizontal sobre rocas cretácicas que se presentan fuertemente deformados en discordancia angular al SE de Baños, en Jesús se halla en terrazas con litología similar que se acumulan de otras formaciones (conglomerados polimícticos grueso de matiz arenosa con estratos de arenisca gris a parda clara de grano grueso líticos) clasificación regular y clastometría variable.

Esta secuencia se acumuló en el Pleistoceno, su formación estuvo posiblemente dirigido a procesos de degradación, erosionado de las rocas preexistentes relacionados a fallas transversales la sedimentación debió ser aluvial-fluvial con procesos de rellenos en depresiones aisladas vinculados a pro valles ensanchados. Los DEPÓSITOS MORRENICOS que se encuentran tienen una formación neo tectónica afectada por efectos de falla de la Cordillera Blanca, con estratificaciones de arena, grava, limo con presencia de un buzamiento de 20° al NE, siendo resultado de glaciación Pleistocénica.

### GEOLOGÍA LOCAL

El Distrito de la Unión ubicado en la margen izquierda del río Vizcarra Distrito de La Unión, Provincia Dos de Mayo, Departamento y Región Huánuco, emplazado en el valle a 3320 msnm. en el flanco derecho comprende terrenos a la formación La Unión, cuya secuencia de conglomerados y arenisca semi consolidado con una edad que corresponde al Pleistoceno, ver PLANO N° 03 PLANO GEOLOGICO DE LA CIUDAD DE LA UNION

En algunos tramos presenta bancos de arenisca poco sólidos los que fueron erosionados a través del tiempo, topográficamente forma parte de una zona de huayco relleno en depresiones existentes.



En el flanco izquierdo se presenta en posición sub. horizontal rocas cretácicas más antiguas con presencia de deformaciones en discordancia angular, en cuyo flanco se presentan paredes empinadas de la formación La Unión en discordancia con la formación Jumasha y el Grupo Goyllarisquisga.

## **GEOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

El Distrito de La Unión se halla en la parte Occidental del Departamento de Huánuco entre la Cordillera de los Andes, presenta una topografía abrupta en media ladera y forma plana en la zona de Huánuco Pampa, en relación al levantamiento de los andes, presenta montañas empinadas producto de una rápida profundización de los afluentes.

Tienen como secuencia litológica con rumbo N – E, con un cauce del río Vizcarra que drena sus aguas al río Marañon que forma parte de la Hoya del Amazonas, los valles tienen una orientación NO – SE, con drenaje típico dendrítico a sub paralelo y localmente rectangular. El tipo de suelo existente es cambisoles húmicos (ácidos con materia orgánica y Andosoles de origen volcánico usado Mayormente para la agricultura. Los fenómenos de deslizamiento se presenta posiblemente en las zonas de depósitos de origen glaciar que presentan las laderas inestables hacia las partes altas, en el sector urbano se presenta conos deyeativos con depósitos de torrenteras en los Jirones. España, Jorge Chávez, Lourdes, Los Ángeles, Huánuco, siendo depósitos de grava mal graduada con matriz Arena limo arcillosa con presencia de cantos rodados hasta de 10 – 12 pulgadas de diámetro.

Los aluviones se presentan a lo largo de los cursos de los ríos con depósitos de espesores considerables constituido por grava gruesa acumulados en la cuenca

### **1.05.3 FUENTES DE ABASTECIMIENTO**

La Ciudad de La Unión dispone de varias fuentes para el abastecimiento de agua, las posibles fuentes de abastecimientos para el proyecto podrían clasificarse en:

- Fuentes superficiales,
- Fuentes subterráneas.



## **FUENTES SUPERFICIALES**

Las fuentes superficiales fueron identificadas como los ríos Chacamayo o Vizcarra.

## **FUENTES SUBTERRANEAS**

Las fuentes subterráneas ubicadas en la parte alta de la Ciudad fueron localizadas en las quebradas de Wuaco Ragra y Marka Ragra respectivamente.

## **ANALISIS DE LAS DIFERENTES FUENTES**

Para la elección de la fuente abastecimiento se consideraron los siguientes aspectos constructivos, calidad de agua, costos de operación y mantenimiento.

## **RIO VIZCARRA**

La Ciudad de Huallanca (ubicada aguas arriba) vierte las aguas de sus desagües domésticos al río Huallanca, además la mina San Luís de Huanzala (a unos 45 Kilómetros aguas arriba), descarga el agua de sus relaves mineros al río Vizcarra, estos hechos hacen que la calidad del agua para el consumo humano no esté garantizada, motivo por el cual el río Vizcarra no fue considerado como fuente apropiada para el abastecimiento de agua potable por el alto grado de contaminación que contienen sus aguas.

## **RIO CHACAMAYO**

El elegir el río Chacamayo ubicado en la parte baja (3215 msnm) de la Ciudad, induciría a diseñar un sistema de agua potable alimentado por bombeo cuyos costos de operación y mantenimiento son sumamente costosos (La Unión se encuentra dentro de una zona en extremo pobreza).

La Municipalidad de La Unión mantiene una tarifa plana por el uso de este servicio, cobra por este concepto a cada predio 3.00 nuevos soles mensuales según la Oficina de Servicios Municipales de Agua y Desagüe de La Unión.

Estos antecedentes nos conllevan a desechar al río Chacamayo como fuente de abastecimiento.

## **MANANTIAL DE WUACO RAGRA**

La municipalidad de La Unión en el año 2004 elaboró un estudio <sup>(4)</sup> (Perfil “**Ampliación y Mejoramiento del sistema de Agua y Desagüe de La Unión**”) donde se indica que la Ciudad se abastece de agua de un manantial ubicado en

la quebrada de Wuaco Ragra ubicado a una altitud de 3,350 msnm con un rendimiento en época de estiaje de 25 l/seg.

Para comprobar esta información se realizó una inspección al manantial ubicado en la quebrada de Wuaco Ragra, donde se constató la existencia del manantial que al ser aforado (el agua llenaba un balde de 18 litros en 1 minuto) varias veces, arrojaba un caudal promedio de 0.28 l/s.

La Unión en la actualidad cuenta con una población que sobrepasa de los 3,000 habitantes, considerando una dotación promedio de 120 l/hab/día necesita un caudal Mayor a los 5 l/s. Esto motivó que igualmente se desechara como fuente de abastecimiento al manantial de Wuaco Ragra.

### **MANANTIAL DE MARKA RAGRA**

La Ciudad de La Unión en la actualidad se abastece de un manantial ubicado en la quebrada de Marka Ragra cuya cota topográfica está sobre los 3,360 msnm. Según la Oficina de Servicios Municipales de Agua y Desagüe de la Municipalidad de La Unión arroja todo el año un caudal promedio de 25 l/s, y en épocas de lluvia alcanza un máximo de 28 l/s.

En la Foto N° 05 se aprecia el torrente de agua que sale del manantial de Marka Ragra



Foto N° 05 MANANTIAL DE MARKA RAGRA

De acuerdo con el informe 0070-06 LMAA- DESA HCO del 31 de Mayo de 2006, las dos muestras tomadas en la captación el 26 de Mayo de 2006 no presentan coliformes fecales por lo que declara: **“ES APTA PARA EL CONSUMO HUMANO”**. Los resultados de las pruebas se muestran en el Anexo VI.

En la Foto N° 06 se aprecia al Señor Simeón Vázquez Chimú, encargado de la Oficina de Saneamiento del Hospital de La Unión rotulando uno de los frascos conteniendo las muestras de agua de Marca Ragra.



Foto N° 06 TOMA DE MUESTRA MARKA RAGRA

#### 1.05.4 AFORO

Para la operación de aforo del manantial de Marca Ragra se hizo uso del antiguo reservorio de concreto ubicado aguas abajo, las medidas interiores de este reservorio de forma cuadrada, son de 11.50 m por lado con una altura de 2.5 m.

Para calcular el volumen de agua se hicieron marcas en la pared del antiguo reservorio a diferente altura y se tomaron los tiempos en que el agua llegaba a las marcas, esta operación se realizó dos veces; una en la mañana y otra en la tarde del día 22 de septiembre de 2004.

La operación de aforo se hizo en presencia de los Ingenieros Civiles Gustavo Agüero Jungbluth, Julio Portugal Estela, Erika García Chavarría, y el Geólogo Marco Godoy.

En la Foto N° 07 se muestra el estado del antiguo reservorio ubicado en la quebrada de Marca Ragra, al fondo se observa el barrio de Racri (al Norte de la Ciudad de La Unión)

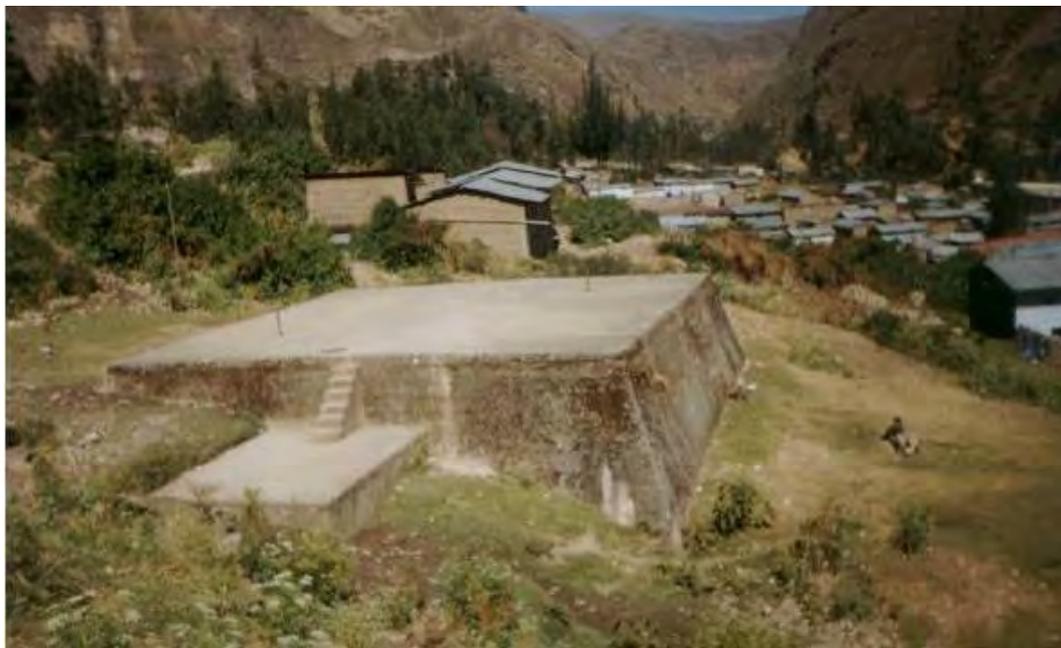


Foto N° 07 ANTIGUO RESERVORIO



Los datos de las mediciones se indican en la Tabla N° 01 AFORO QUEBRADA MARKA RAGRA

TABLA N° 01

**AFORO QUEBRADA MARKA RAGRA  
CIUDAD DE LA UNION  
1° AFORO**

**PROYECTO** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DESAGUE DE LA UNION  
**FECHA** 22 DE SETIEMBRE  
**HORA** 09<sup>h</sup>  
**REGIÓN** HUÁNUCO  
**PROVINCIA** DOS DE MAYO  
**DISTRITO** LA UNION  
**UBICACIÓN** ANTIGUO RESERVORIO  
**ALTITUD** 3270 msnm  
**REPONSABLE** ING. JULIO PORTUGAL  
**AREA RESERV** 129.96 m<sup>2</sup>

MEDICION	HORA			ALTURA	TIEMPO	TIRANTE	VOLUMEN	CAUDAL	
	h	m	s	cm	s	cm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s
1	9	40	0	20.00	0.00	0.00	0	0.0000	0.00
2	9	42	10	22.00	130.00	2.00	2.599	0.0200	20.00
3	9	45	0	25.00	170.00	3.00	3.899	0.0229	22.90
4	9	50	50	30.50	350.00	5.50	7.148	0.0204	20.40

**2° AFORO**

**PROYECTO** AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DESAGUE DE LA UNION  
**FECHA** 22 DE SETIEMBRE  
**HORA** 15<sup>h</sup>  
**REGIÓN** HUÁNUCO  
**PROVINCIA** DOS DE MAYO  
**DISTRITO** LA UNION  
**UBICACIÓN** ANTIGUO RESERVORIO  
**ALTITUD** 3270 msnm  
**REPONSABLE** ING. JULIO PORTUGAL  
**AREA RESERV** 129.96 m<sup>2</sup>

MEDICION	HORA			ALTURA	TIEMPO	TIRANTE	VOLUMEN	CAUDAL	
	h	m	s	cm	s	cm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s
1	15	18	30	35.50	0.00	0.00	0	0	0.00
2	15	22	45	39.50	255.00	4.00	5.198	0.0204	20.40
3	15	27	31	44.00	286.00	4.50	5.848	0.0204	20.40
4	15	30	14	47.00	163.00	3.00	3.899	0.0239	23.90
5	15	42	20	56.00	726.00	12.00	15.595	0.0215	21.50

FUENTE: VERSION PROPIA



Para calcular el caudal que ofertaba el manantial de Marka Ragra se confeccionó la Tabla N° 02 CAUDAL PROMEDIO, de donde resulta que el caudal promedio que arroja el manantial es de 21.36 l/seg.

TABLA N° 02  
CAUDAL PROMEDIO  
QUEBRADA DE MARKA RAGRA

N° MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma$	$\bar{Q}$
AFORO l/s	20.00	22.90	20.40	20.40	20.40	23.90	21.50	149.50	21.36

FUENTE: VERSION PROPIA

### 1.05.5 ELECCION DE LA FUENTE

Para el ingeniero encargado del diseño, el conocimiento de todas las características, ventajas, inconvenientes y previsiones adecuadas para cada una de ellas, le permitirá la mejor selección técnica y económica, entre las alternativas posibles de utilización de las fuentes de abastecimiento. La experiencia nos enseña cuales son las ventajas que nos reporta determinado Sistema, pero también nos enseña las desventajas e inconvenientes en situaciones específicas.

En el caso específico de fuentes de abastecimiento, es frecuente oír quejas acerca de los inconvenientes y problemas que acarrea, por ejemplo un río que es utilizado como fuente de abastecimiento y se clama por un Sistema de pozos para obtener agua del subsuelo. La misma consideración puede hacerse y es real para aquellas comunidades que, habiendo sido abastecidas por aguas subterráneas y que conociendo sus problemas, suponen que la utilización de una fuente superficial acabara con los problemas que una fuente subterránea conlleva. El mejor diseño será aquel que reduzca al mínimo, durante el periodo de vida útil, los inconvenientes peculiares a cada fuente y haga más eficiente el Sistema.

A fin de formarnos una idea acerca de las características generales de estos dos tipos de fuentes de abastecimiento, se presenta el Cuadro N° 10 ASPECTOS CUANTITATIVOS Y DE EXPLOTACION, que comparan características cuantitativas y de explotación que pueden primar en ocasiones para la elección del tipo de fuente.



**CUADRO N° 10**  
**ASPECTOS CUANTITATIVOS Y DE EXPLOTACION**

AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRANEAS
Generalmente aportan Mayores caudales	Generalmente solo disponen de caudales relativamente bajos
Caudales variables	Poca variabilidad del caudal
Generalmente la captación debe hacerse distante del sitio de consumo	Permite mas cercanía del sitio de utilización

FUENTE: Adaptación Fair S Geyer

Además de los aspectos cuantitativos y de explotación, se deberá tener en cuenta la calidad del agua que posee cada tipo de fuente a usar, a continuación se presenta el Cuadro N° 11 ASPECTOS CUALITATIVOS, donde se comparan los aspectos cualitativos de las dos tipos de fuentes

**CUADRO N° 11**  
**ASPECTOS CAULITATIVOS**

PROPIEDAD	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRANEAS
TURBIEDAD	Variable, Baja o muy baja	Prácticamente ninguna
COLOR	Variable	Constante, bajo o ninguno
TEMPERATURA	Variable	Constante
MINERILACION	Variable, generalmente muy alta	Constante y dependiente del subsuelo
DUREZA	Generalmente baja	Dependiente del suelo, generalmente alta
ESTABILIZACION	Variable, generalmente algo corrosivas	Constante, generalmente algo incrustantes
CONTAMINACION BACTERIOLOGICA	Variable, generalmente contaminadas	Constante, generalmente poca o ninguna
CONTAMINACION RADIOLOGICA	Expuesta a contaminación directa	Protegida contra la contaminación directa

FUENTE: Adaptación Fair S Geyer

Estas son consideraciones de tipo general, la selección de una u otra alternativa dependerá de factores económicos, de tratamiento requerido, de la operación y mantenimiento, y de la productividad de la fuente.

La alternativa de usar fuentes subterráneas para abastecer el sistema de agua potable de la Ciudad de La Unión ofrece Mayores ventajas; los costos por operación y mantenimiento serán mínimos, no habrían que pagar los costos que



implican el tratamiento de agua para potabilizarla (caso de río Vizcarra), se eliminarían los costos de bombeo (caso río Chacamayo), además los manantiales ofrecen de agua mejor calidad que los ríos mencionados.

Por estas condiciones se eligió al manantial de Marka Ragra como fuente de abastecimiento del Proyecto **“Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua y Desagüe de La Unión”**

### **1.06.0 ALCANCES DEL PROYECTO**

El proyecto **“Ampliación y Mejoramiento del sistema de agua y desagüe de La Unión”**, cubrirá los siguientes aspectos:

- Área de influencia del Proyecto
- Población Beneficiaria.

### **AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

El área de influencia que abarcara el proyecto estará ubicada dentro del ámbito urbano de la Ciudad de La Unión, capital Provincial de Dos de Mayo, su desarrollo incidirá en el progreso Provincial

### **POBLACION BENEFICIARIA**

La población beneficiaria al inicio del proyecto será la población de la Ciudad de La Unión en el año 2005, que se fija como año de inicio del servicio del proyecto. El periodo de diseño será calculado de acuerdo a los requerimientos de uso y servicio de las diferentes componentes de los sistemas de agua potable y de desagüe

### **SISTEMA DE AGUA POTABLE**

El presente trabajo de tesis contempla el diseño de las siguientes estructuras:

- |                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| a) Captación         | d) Línea de conducción      |
| b) Línea de Aducción | e) Red de Distribución      |
| c) Reservorio        | f) Conexiones Domiciliarias |



### a) CAPTACIÓN

La existencia de un manantial de ladera (Quebrada de Marca Ragra) cuyo aforo promedio es 21.36 lps en época de estiaje (mes de septiembre del 2004), y la disponibilidad de terreno nos plantea la construcción de una nueva cámara de captación, a fin de obtener el caudal requerido y conducirlo a través la línea de aducción, al reservorio de almacenamiento.

Esta estructura será de concreto armado con sus respectivas válvulas y compuertas de control, esta cámara incluirá una estructura para retener las piedras y arena que se encuentren dentro de la corriente de agua, según las medidas y detalles necesarios los cuales serán indicados en los planos respectivos.

### b) LINEA DE ADUCCION

La Línea de Aducción conecta la Captación con el reservorio a través de tuberías de PVC, esta tubería tendrá las dimensiones mínimas requeridas para que trabaje dentro de las condiciones establecidas en el Reglamento Nacional de Construcción.

### c) RESERVORIO

El Sistema de Abastecimiento de Agua, tiene necesidad de la construcción de un nuevo reservorio. Las características del mismo serán las siguientes:

- Estructura de concreto armado.
- Apoyado sobre el terreno
- Sección circular.
- Volumen de almacenamiento.

El volumen de almacenamiento deberá ser capaz de absorber las variaciones de consumo de agua, interrupciones de servicio y demanda contra incendio.

El diseño tomara en consideración los aspectos estructurales y económicos que sean necesarios.



---

#### **d) LINEA DE CONDUCCION**

La línea de conducción estará constituida por tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC), sus dimensiones de carga y trabajo deberán satisfacer las condiciones establecidas en el Reglamento Nacional de Construcción en concordancia con las normas del fabricante.

#### **e) RED DE DISTRIBUCION**

El proyecto contempla la reposición en su totalidad de las actuales tuberías de fierro fundido la red de de distribución cuya antigüedad es de 50 años, las nuevas tuberías serán de PVC, cuyos diámetros deberán adoptarse a los requerimientos de diseño establecidos por el Reglamento Nacional de Construcción.

#### **f) CONEXIONES DOMICILIARIAS**

Las conexiones domiciliarias actuales serán desechadas y en su lugar se colocarán nuevas conexiones domiciliarias acorde con los materiales utilizados en la red.



---

## SISTEMA DE DESAGUE

El Sistema de Desagüe de la Ciudad de La Unión, contempla el diseño de los siguientes elementos:

- a) Colector Principal y sus Cámaras de Inspección.
- b) Emisor.
- c) Planta de Tratamiento.

### a) COLECTOR PRINCIPAL

El Colector Principal que corre a lo largo del jirón Dos de Mayo, se inicia a la altura del Instituto Tecnológico Superior Felipe Huamán Poma de Ayala y termina a la altura del estadio de La Unión

### b) EMISOR

El Emisor se inicia a la altura de estadio de La Unión y termina a la altura de la confluencia del río Vizcarra con el río Chacamayo, ubicado sobre la margen derecha del río Vizcarra.

### c) PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento de aguas servidas esta constituida por lagunas de estabilización del tipo facultativo.



## 2.00.0 DESCRIPCIÓN DE LOS ACTUALES SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y DE DESAGÜE

Actualmente la ciudad de La Unión, cuenta con los sistemas de agua potable y desagüe sanitario, los sistemas se encuentran deteriorados por la antigüedad y la falta de mantenimiento de los mismos.

Motivo por el cual se encuentran una serie de deficiencias técnicas que los hacen ineficaces, tanto desde el punto de vista sanitario, como de servicio por la culminación de su vida útil. Según la **Oficina de Servicios Municipales de Agua y Desagüe** de La Unión los sistemas mencionados tienen una antigüedad mayor a los 50 años. A continuación detallaremos el estado de las diferentes estructuras de los sistemas existentes.

### 2.01.0 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema actual de agua potable de la ciudad de La Unión ver PLANO N° 04 Antiguo Sistema de Agua potable, esta conformado por las siguientes estructuras:

- a) **Captación.**
- b) **Línea de aducción**
- c) **Cámara Rompe presión**
- d) **Reservorio**
- e) **Línea de conducción**
- f) **Red de distribución.**

#### a) **CAPTACIÓN**

La estructura de captación actual está alimentada por las aguas subterráneas, de la quebrada de Marka Ragra, ubicada a una altitud de 3340 msnm; es de concreto armado, en su interior tiene una poza de 2 m<sup>3</sup> de capacidad; que recoge el agua de la fuente y el volumen de agua que almacena de la poza es actualmente igual a 0.80 m<sup>3</sup>.

Es importante anotar que en su interior se encontraron piedras de 1 ½” de diámetro por lo que se hace necesario tomar consideraciones para que el diámetro de la malla de retención deba de ser de menor diámetro; los detalles de esta estructura se muestran en el PLANO N° 05

En la Foto N° 08 se aprecia el exterior de la actual captación, la zona está llena de maleza y de piedras que las aguas superficiales arrastran durante la temporada de lluvias, en la parte inferior puede notarse manchas de humedad que delatan las resquebrajaduras y fisuras que tiene esta estructura.



Foto N° 08 VISTA DE CAPTACION DE MARKA RAGRA

**b) LÍNEA DE ADUCCIÓN**

La Línea de aducción que parte de la captación y llega al reservorio es de fierro fundido de 6" de diámetro, tiene una longitud de 310 m. Se encuentra oxidada por el paso de los años, presenta resquebrajaduras a todo lo largo de su recorrido, lo que ocasiona fugas de agua en algunos tramos de su recorrido.

En la actualidad se encuentra en operación, y necesita ser cambiada.

**c) CÁMARA ROMPE PRESIÓN**

La Cámara Rompe Presión es una estructura simple de concreto de forma cilíndrica con un diámetro interior de 1.50 m y una altura de 3 m, presenta fisuras en sus paredes, no posee ningún tipo de accesorio,

Se encuentra funcionando, necesita ser cambiada

**d) RESERVORIO**

El reservorio ubicado sobre la cota 3272 msnm., es de concreto armado de forma cuadrada de 11.50 m de lado interior y un pelo de agua de 2.50 m con un volumen de almacenamiento de 330 m<sup>3</sup>, el PLANO N° 06 muestra los detalles del actual reservorio, en la Foto N° 09 se aprecia una vista del mismo.

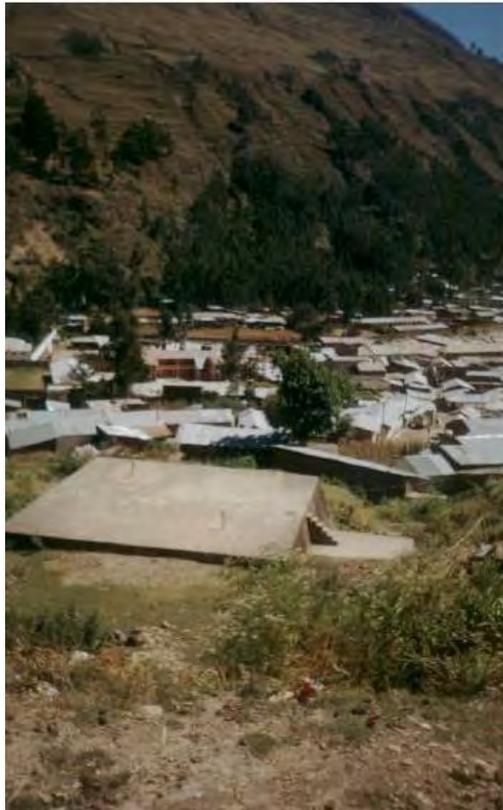


Foto N° 09 BARRIO DE RACRI Y VISTA DEL RESERVORIO

Está compuesto por una estructura de control (caseta de válvulas) y el reservorio propiamente dicho se encuentra en mal estado, presenta resquebrajaduras en sus paredes así como en su base, en la actualidad no funciona.



En el interior se encontró arena lavada y piedras de 1 ½" de piedras, debido según referencias del encargado de salubridad del Hospital de La Unión, Sr. Simeón Vázquez Chimu llegan dentro de la tubería en la época de lluvias.

El reservorio necesita ser cambiado.

**e) LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

La línea de conducción parte del reservorio y se encuentra con la red de distribución entre las esquinas de los jirones Huánuco y Porvenir, es de fierro fundido con una longitud de 183 m y un diámetro de 30 cm., se encuentra en mal estado presenta fisuras y resquebrajaduras.

Por lo mencionado anteriormente, la Línea de Aducción debe ser reemplazada.

**f) RED DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución parte de la esquina conformada por los jirones Huánuco y Porvenir, y se desarrolla a lo largo de toda la ciudad de La Unión, se compone de 2,838 m de tubería de 4" de fierro fundido y de 3,262 m de tubería de 6" también de fierro fundido, que hacen un total de 6100 m de longitud. La red de distribución presenta fugas a todo lo largo de su recorrido, esto es debido al paso de los años, la Red de Distribución tiene una antigüedad de 50 años, en la actualidad existen 844 conexiones domiciliarias.

La Red de Distribución por lo indicado anteriormente, debe ser modificada totalmente.

El PLANO N° 07 indica de manera grafica, las tuberías que componen el actual sistema de distribución de la ciudad de La Unión.

En los Cuadros N° 12 INVENTARIO DE TUBERIAS DE AGUA DIAMETRO 4" y cuadro N° 13 INVENTARIO DE TUBERIAS DE AGUA 6", se indican la ubicación, la longitud, el diámetro, material, así como el estado (bueno, regular, malo) en que se encuentran en la actualidad.



**CUADRO Nº 12  
INVENTARIO DE TUBERIAS DE Ø 4" DE AGUA POTABLE**

DESCRIPCION			CARACTERISTICAS			ESTADO			
CALLE	TRAMO		LONG m	PARC m	MAT	B	R	M	OBS.
	CALLE	CALLE							
Jr. Jorge Chavez	Carret Hco Pampa	Jr. Comercio	187		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	252	fºP	-	-	X	CAMBIO
Los Angeles	Carret Hco Pampa	Psje S/Nombre	60		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Psje S/Nombre	Jr. Comercio	80		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	205	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. España	Carret Hco Pampa	Jr. Comercio	65		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	130	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Arica	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	100	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr Virgen de Lourdes	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	100	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Alfonso Ugarte	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	70	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Bolognesi	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	60	90	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Union	Jr. Comercio	Dos de Mayo	60	60	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Teodomiro Alvarado	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	65		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	130	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Grau	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	75		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	66	141	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Vizcarra	Jr. Comercio	Dos de Mayo	66	66	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr Virgen del Carmen	Jr. Comercio	Dos de Mayo	87	87	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr Huallanca	Jr. Federico Ríos	Jr. Vizcarra	90	90	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Federico Rios	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	80		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Jr. Huallanca	44	124	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Huanuco	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	99		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	75	174	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr Dimas Alvarado	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	105		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	57	162	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. 10 de mayo	Jr Los laureles	Los Olivos	108		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Los Olivos	Psje S. Rosa	57		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Psje S. Rosa	Jr. 9 de Octubre	108		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	59	332	fºP	-	-	X	CAMBIO
Jr. Los Jasmines	Jr Los laureles	Los Olivos	41		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Los Olivos	Jr. 9 de Octubre	45		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	113	199	fºP	-	-	X	CAMBIO
J. Casuarinas	Jr Los laureles	Los Olivos	104		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Los Olivos	Psje S. Rosa	38		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Psje S. Rosa	Jr. 9 de Octubre	120		fºP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	64	326	fºP	-	-	X	CAMBIO
<b>TOTAL</b>				<b>2838 m</b>					

FUENTE: VERSION PROPIA



**CUADRO N° 13  
INVENTARIO DE TUBERIAS DE Ø 6" DE AGUA POTABLE**

DESCRIPCION			CARACTERISTICAS			ESTADO			OBS.
CALLE	TRAMO		LONG m	PARC m	MAT	CALIDAD			
	CALLE	CALLE				B	R	M	
Jr. Comercio	Jr. Casuarinas	Jr. Los Jazmines	82		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Los Jazmines	Jr. 10 de mayo	78		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. 10 de mayo	Jr Dimas Alvarado	102		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Dimas Alvarado	Jr. Huanuco	108		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Huanuco	Jr. Federico Ríos	196		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Federico Ríos	Jr Virgen del Carmen	46		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen del Carmen	Jr. Grau	125		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Grau	Jr. Teodomiro Alvarado	77		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Teodomiro Alvarado	Jr. Union	36		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Union	Jr. Bolognesi	70		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Bolognesi	Jr. Alfonso Ugarte	27		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Alfonso Ugarte	Jr Virgen de Lourdes	21		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen de Lourdes	Jr. Arica	67		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Arica	Jr. España	159		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. España	Los Ángeles	111		PP	-	-	X	CAMBIO
	Los Ángeles	Jr. Jorge Chávez	79	1384	PP	-	-	X	CAMBIO
Jr Dos de Mayo	Jr. Huanuco	Jr. Federico Ríos	196		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Federico Ríos	Jr Virgen del Carmen	46		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen del Carmen	Jr. Grau	125		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Grau	Jr. Teodomiro Alvarado	77		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Teodomiro Alvarado	Jr. Unión	36		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Unión	Jr. Bolognesi	70		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Bolognesi	Jr. Alfonso Ugarte	27		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Alfonso Ugarte	Jr Virgen de Lourdes	21		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen de Lourdes	Jr. Arica	67		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Arica	Jr. España	159		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. España	Los Ángeles	111		PP	-	-	X	CAMBIO
	Los Ángeles	Jr. Jorge Chávez	79		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Jorge Chávez	Emisor	50	1064	PP	-	-	X	CAMBIO
Los Laureles	Jr. 10 de mayo	Jr. Jazmines	80		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Jazmines	Jr. Casuarinas	90	170	PP	-	-	X	CAMBIO
Los Olivos	Jr. 10 de mayo	Jr. Jazmines	80		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr. Jazmines	Jr. Casuarinas	90	170	PP	-	-	X	CAMBIO
El Porvenir	Jr Arica	Jr Virgen de Lourdes	70		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen de Lourdes	Teodomiro Alvarado	154		PP	-	-	X	CAMBIO
	Teodomiro Alvarado	Jr Grau	80		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Grau	Jr Virgen del Carmen	120		PP	-	-	X	CAMBIO
	Jr Virgen del Carmen	Jr Federico Ríos	50	474	PP	-	-	X	CAMBIO
<b>TOTAL</b>			<b>3262 m</b>						

FUENTE: VERSION PROPIA



## RESUMEN DEL ACTUAL SISTEMA DE AGUA

De acuerdo a lo anteriormente expresado y en concordancia con los reglamentos existentes en nuestro país, la ciudad de La Unión, necesita de un nuevo sistema de Agua potable, esto se verá reflejado en una mejora de vida y salud de sus habitantes así como el incremento del rendimiento y productividad de su fuerza laboral.

### 2.02.0 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DESAGÜE

El sistema actual de desagüe de la Ciudad de La Unión (ver PLANO N° 08 ANTIGUO SISTEMA DE DESAGÜE), tiene una antigüedad de 50 años, y esta conformado de los siguientes elementos:

- a) **Sistema de Alcantarillado**
- b) **Colector Principal**
- c) **Emisor**

#### a) **SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

La existencia de filtraciones en las tuberías, colmatadas producto de los desechos sólidos acumulados a lo largo de los años, genera malos olores en la ciudad a la vez que contaminan el ambiente por la presencia de gases y olores fétidos. El problema se acrecienta por que las viviendas asentadas sobre las márgenes del río desechan sus aguas servidas sin ningún tratamiento, contaminando el río Vizcarra y desarrollando focos de contaminación, que producen altos porcentajes de enfermedades gastrointestinales entre los pobladores que utilizan sus aguas para riego y consumo. El arrojar las aguas servidas sin tratamiento ha traído como consecuencia la desaparición de las especies nativas que existen en las zonas alto andinas del Perú.

El Sistema de alcantarillado conformado por tuberías de variados diámetros y materiales con una longitud de 5436 m. En los cuadros N° 14,15 y 16 se hace un inventario del estado y características de las tuberías del alcantarillado.



CUADRO N° 14  
INVENTARIO DE DESAGUE DE TUBERIAS DE Ø 6"

DESCRIPCION			CARACTERISTICAS							
CALLE	TRAMO		LONG m	PAR m	Ø	MAT	ESTADO			OBSERV
	Aguas Arriba	Aguas Abajo					B	R	M	
Jr. Jorge Chavez	Carret Hco Pampa	Jr. Comercio	187		6"	C°	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	252	6"	C°	X			FUNCIONANDO
Los Angeles	Carret Hco Pampa	Psje S/Nombre	60		6"	C°			X	"REPONER
	Psje S/Nombre	Jr. Comercio	80		6"	C°			X	"REPONER
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	205	6"	C°			X	"REPONER
Jr. España	Carret Hco Pampa	Jr. Comercio	65		6"	C°			X	"REPONER
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	130	6"	C°			X	"REPONER
Jr. Arica	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		6"	PCV	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	100	6"	C°	X			FUNCIONANDO
Jr Virgen de Lourdes	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		6"	C°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	100	6"	C°	X			FUNCIONANDO
Jr. Alfonso Ugarte	Jr. Comercio	Dos de Mayo	70	70	6"	C°		X		FUNCIONANDO
Jr. Bolognesi	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	30		6"	C°	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	60	90	6"	C°	X			FUNCIONANDO
Jr. Union	Jr. Comercio	Dos de Mayo	60	60	6"	C°		X		FUNCIONANDO
Jr. Teo Alvarado	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	65		6"	C°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	65	130	6"	C°		X		FUNCIONANDO
Jr. Comercio	Jr. Casuarinas	Jr. Los Jazmines	82		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Los Jazmines	Jr. 10 de mayo	78		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr. 10 de mayo	Jr Dimas Alvarado	102		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr Dimas Alvarado	Jr. Huanuco	108		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Huanuco	Jr. Federico Rios	196		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Federico Rios	Jr Vir del Carmen	46		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr Vir del Carmen	Jr. Grau	125		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Grau	Jr. Teo Alvarado	77		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Teo Alvarado	Jr. Union	36		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Unión	Jr. Bolognesi	70		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Bolognesi	Jr. Alfonso Ugarte	27		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Alfonso Ugarte	Jr Vir de Lourdes	21		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr Virgen de Lourdes	Jr. Arica	67		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Arica	Jr. España	159		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. España	Los Angeles	111		6"	f°f°			X	"REPONER
Jr. Los Ángeles	Jr. Jorge Chavez	79	1384	6"	f°f°			X	"REPONER	
Jr Dos de Mayo	Jr. Huanuco	Jr. Federico Rios	196		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Federico Ríos	Jr Vir del Carmen	46		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr Virg del Carmen	Jr. Grau	125		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Grau	Jr. Teo Alvarado	77		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Teo Alvarado	Jr. Union	36		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Unión	Jr. Bolognesi	70		6"	f°f°			X	"REPONER
	Jr. Bolognesi	Jr. Alfonso Ugarte	27		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Alfonso Ugarte	Jr Vir de Lourdes	21		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr Vir de Lourdes	Jr. Arica	67		6"	f°f°		X		FUNCIONANDO
	Jr. Arica	Jr. España	159		6"	f°f°			X	FUNCIONANDO
	Jr. España	Los Ángeles	111		6"	f°f°			X	FUNCIONANDO
Jr. Los Ángeles	Jr. Jorge Chávez	79	1014	6"	f°f°			X	FUNCIONANDO	
<b>TOTAL</b>			<b>3535 m</b>							

FUENTE: VERSION PROPIA



**CUADRO N° 15**  
**INVENTARIO DE DESAGUE DE TUBERIAS DE Ø 8"**

DESCRIPCION			CARACTERISTICAS							
CALLE	TRAMO		LONG m	PAR m	Ø	MAT	ESTADO			OBSERV
	Aguas Arriba	Aguas Abajo					B	R	M	
Jr. Grau	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	75		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	66	141	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr. Vizcarra	Jr. Comercio	Dos de Mayo	66	66	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr Virg del Carmen	Jr. Comercio	Dos de Mayo	87	87	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr Huallanca	Jr. Federico Rios	Jr. Vizcarra	90	90	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr. Federico Rios	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	80		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Jr. Huallanca	44	124	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr. Huanuco	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	99		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	75	174	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr Dimas Alvarado	Jr. Porvenir	Jr. Comercio	105		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. Comercio	Dos de Mayo	57	162	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr. 10 de mayo	Jr Los laureles	Los Olivos	108		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Los Olivos	Psje S. Rosa	57		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Psje S. Rosa	Jr. 9 de Octubre	108		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	59	332	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
Jr. Los Jasmines	Jr Los laureles	Los Olivos	41		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Los Olivos	Jr. 9 de Octubre	45		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	113	199	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
J. Casuarinas	Jr Los laureles	Los Olivos	104		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Los Olivos	Psje S. Rosa	38		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Psje S. Rosa	Jr. 9 de Octubre	120		8"	PVC	X			FUNCIONANDO
	Jr. 9 de Octubre	Jr Comercio	64	326	8"	PVC	X			FUNCIONANDO
<b>TOTAL</b>			<b>1701 m</b>							

FUENTE: VERSION PROPIA

**CUADRO N° 16**  
**INVENTARIO DE DESAGUE DE TUBERIAS DE Ø 10"**

DESCRIPCION			CARACTERISTICAS							
CALLE	TRAMO		LONG m	PAR m	Ø	MAT	ESTADO			OBSERV
	Aguas Arriba	Aguas Abajo					B	R	M	
Costad río Vizcarra	Jr. Jorge Chávez	PTO DESCARGA	200	200	10"	PVC			X	FUNCIONANDO
<b>TOTAL</b>			<b>200 m</b>							

FUENTE: VERSION PROPIA

El PLANO N° 08, muestra de manera gráfica la composición actual del sistema de alcantarillado.



Las distintas administraciones municipales a lo largo de los últimos 50 años han repuesto algunos de sus tramos, por tubería de PVC.

Las cámaras de inspección o buzones que se encuentra a lo largo del colector principal o del emisor se encuentran en mal estado, en algunos

las paredes así como el fondo de los mismos se encuentran corroídos por el paso de los años, en otros casos no hay paso de aguas servidas.

**b) COLECTOR PRINCIPAL**

El colector principal corre a lo largo del Jirón 2 de Mayo y Comercio, con una longitud de 500 m, es de concreto simple cuyos diámetros varían entre 20 y 30 cm., presenta roturas en varias partes de su recorrido, esto se hace notorio en época de lluvias.

**c) EMISOR**

Este es de concreto simple de 40 cm. de diámetro, nace a la altura del estadio de La Unión, y corre a lo largo de la margen derecha del río Vizcarra, este presenta las mismas deficiencias que las estructuras anteriores. Este emisor descarga las aguas del alcantarillado sin ningún tratamiento al río Vizcarra (ver PLANO N° 02).

**PLANTA DE TRATAMIENTO**

Como ha sido mencionado anteriormente La ciudad de la Unión no cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas, y complementariamente no cuenta con un sistema de evacuación de aguas pluviales, lo que ha generado un uso inadecuado de los colectores y ha traído como consecuencia el deterioro del sistema de desagüe, ocasionado en consecuencia problemas de salud



### 3.00.0 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO

Los sistemas de saneamiento están constituidos por una serie de estructuras hidráulicas, que presentan características diferentes, las cuales serán afectadas por coeficientes de diseño distintos en razón de la función que cumplen dentro del sistema y que se encuentran normados por el Reglamento Nacional de Construcción.

Por lo tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos a que estarán sometidos y los daños que se presentaran a lo largo de su vida útil, así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, ajustado a criterios económicos.

Antes de analizar cada componente y su integración en el conjunto, es conveniente establecer y analizar aquellas características que conformaran los criterios de diseño:

1. Dotaciones de Agua.
2. Variaciones de consumo.
3. Periodo de diseño.
4. Población.

#### 3.01.0 DOTACIONES DE AGUA

El conocimiento cabal de esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de estructuras funcionales, dentro de los valores económicamente aconsejables.

Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a aproximaciones que hacen cada vez mas precisas las estimaciones sobre consumo de agua. Nuestras normas, basadas en investigaciones propias y apoyadas en las de otros países, asignan cifras para dotaciones de agua tomando en cuenta el clima, área del terreno, y en otros casos las características de la población, expresándolas en l/hab/día, o en caso de industrias al uso del proceso industrial.

Estas cifras nos conducen a la determinación del caudal, el cual ha de constituir la base de todo el diseño del proyecto **“Sistema de Agua y Desagüe de La Unión”**, requiriéndose por lo tanto un conocimiento de estas estimaciones.



### 3.01.1 FACTORES QUE AFECTAN AL CONSUMO

#### TIPO DE COMUNIDAD

Una comunidad o zona a desarrollar esta constituida por sectores residenciales, comerciales, industrias y recreacionales, cuya composición es variable en cada caso. Esto nos permitirá fijar el tipo de consumo de agua predominante y orientar en tal sentido las estimaciones de consumo; así se tiene:

##### a) Consumo doméstico

Constituido por el consumo familiar de agua para beber, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, lavado de autos y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Representa generalmente el consumo predominante de diseño.

En la Tabla N° 03 DOTACIÓN DE ACUERDO A CLIMA, se muestra los valores de consumo doméstico para nuestro país, de acuerdo al número de habitantes. <sup>(13)</sup>

TABLA N° 03  
DOTACION DE ACUERDO A CLIMA  
l/hab/día

POBLACION	CLIMA	
	FRIO	TEMPLADO CALIDO
2,000<P<10,000 hab	120	150
10,000<P<50,000 hab	150	200
P>50,000 hab	200	250

FUENTE: REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

##### b) Comercial

En el caso que la zona tenga grandes industrias o comercios, este caudal puede ser significativo. En tal caso, las cifras de consumo deben basarse en los tipos de industria y comercio existentes en la zona de estudio.



Cuando el comercio o industria constituye una situación normal tales como pequeños comercios, hospedajes, estaciones de gasolina, etc., los consumos pueden incluirse y estimarse como consumos domésticos.

**c) Consumo público**

Constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos, así como a limpieza de calles.

**d) Consumo por pérdida en la red**

Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y que en nuestro país representa un 25% del consumo total.

**e) Demanda contra 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.

El Reglamento Nacional de Construcción considera que para el cálculo de Demanda Contra Incendio, debemos considerar los siguientes casos:

- i) Para Habilitaciones Urbanas en poblaciones menores de 10,000 habitantes, no se considerará demanda contra incendio.
- ii) Para Habilitaciones en poblaciones mayores de 10,000 habitantes, deberá adoptarse el siguiente criterio: “El caudal necesario para la demanda contra incendio podrá estar incluido en el caudal domestico”



### 3.01.2 FACTORES SOCIO ECONOMICOS

Las características socio económicas de una población puede evidenciarse a través del tipo de vivienda.

Al evaluar las diversas regiones de nuestro país los consumos de agua en las viviendas son diferentes, un poblador de la costa norte del país consume mas agua que un campesino de la parte sur del Perú.

Por lo tanto deberá tenerse en consideración este factor par evitar sobre dimensionado al utilizar caudales superiores a las cifras reales de consumo.

### 3.01.3 FACTORES CLIMATOLOGICOS

Generalmente los consumos de agua de una región 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 ambiental de la zona define, en cierto modo, los consumos correspondientes a higiene personal de la población que influirá en los consumos de los habitantes de cada zona.

Por ejemplo el consumo de agua en la costa aumenta en la época de verano por el alza de la temperatura, la gente busca mitigar el exceso de calor a través de los baños y disminuye en la época de invierno.

### 3.01.4 TAMAÑO DE LA COMUNIDAD

Algunas investigaciones realizadas en países desarrollados han puesto de manifiesto que los consumos por habitante aumentan con el tamaño de la comunidad.

Una de estas expresiones que procura evaluar tal factor, como resultado de las investigaciones realizadas es la de Capen <sup>(2)</sup>, que establece que el consumo en galones por habitante y por día esta dado por la expresión:

$$G = 54 P^{0.125} \quad (1)$$

Donde P= Población en miles de habitantes



### 3.01.5 OTROS FACTORES

Con frecuencia se considera que influyen en los consumos factores como: calidad del agua, eficiencia del servicio, utilización de medidas de control y medición de agua, etc.

Sin embargo, estos son aspectos que aunque se reconoce que influyen decisivamente en los consumos, no son factores a considerar dentro del diseño, sobre todo porque un buen diseño debe satisfacer condiciones óptimas de servicios de calidad de agua.

### 3.02.0 PERIODO DE DISEÑO

Un sistema de saneamiento se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable.

Por lo tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual las obras e instalaciones del sistema son adecuadas, ya sea por la capacidad en la conducción del caudal deseado, o por la resistencia física de las obras e instalaciones.

Factores de importancia en esta determinación son:

#### a) **DURABILIDAD O VIDA ÚTIL DE LAS INSTALACIONES**

La vida útil del sistema dependerá de las características físicas de los materiales de los diversos componentes, estos estarán sometidos a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y daños a los cuales estará sometido será variable, dependerá de las características del material empleado y de la calidad del agua que transporta.

Así al hablar de tuberías, como elemento de primer orden dentro del sistema de agua y desagüe, encontramos distintas resistencias



al desgaste por corrosión, erosión y fragilidad; y otros factores que serán determinantes en su durabilidad y en el establecimiento del periodo de diseño.

#### **b) FACTORES ECONOMICOS**

La fijación de los periodos de diseño esta ligada a factores económicos. Por lo tanto al analizar cualquier componente del sistema, la asignación del periodo de diseño será ajustado a criterios económicos, los costos influyen grandemente en esta decisión. En nuestro país estos costos son asumidos en la mayoría de las veces por el gobierno central deficitario en recursos, por lo tanto la elección de periodos de diseños cortos no son aconsejables.

#### **c) TENDENCIAS DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN**

El crecimiento de la población se relaciona directamente con los factores económicos, sociales y de desarrollo industrial. Un sistema de abastecimiento de agua potable debe ser capaz de propiciar y estimular ese desarrollo no de frenarlo.

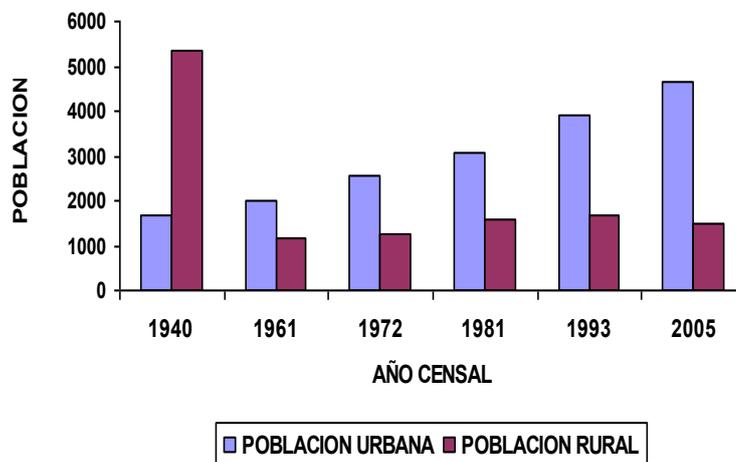
El costo del servicio de agua potable deberá ser asumido durante la vida útil del sistema por los usuarios, este costo puede resultar muy alto si se toman periodos de diseño muy largos.

Esto nos induce a hacer notar que de acuerdo a las tendencias de crecimiento poblacional es conveniente elegir periodos de diseños largos para crecimientos poblacionales lentos y periodos de diseño cortos para poblaciones de crecimiento acelerado.

La Gráfica N° 04 EVOLUCION DE LA POBLACION RURAL URBANA DE LA UNION muestra que a partir del año 1961 la población de La Unión se convirtió en una población mayoritariamente urbana, tendencia que ha mantenido a lo largo de los últimos 44 años

## GRÁFICA N° 04

EVOLUCION DE LA POBLACION RURAL URBANA DE LA UNION



FUENTE: INEI 2006

Para fijar el periodo de diseño, existen criterios, que relacionan los diversos factores antes mencionados y sugieren ciertos valores, los mismos que serán detallados a continuación:

- i) Plan regulador
- ii) Por el número de habitantes

### i) Plan Regulador

En ciudades que cuenten con un Plan regulador para su desarrollo, se fijan horizontes de 20 años con etapas de construcción de 10 años, fijándose áreas de desarrollo con el con el consiguiente incremento de población, esto se hace para no disminuir las condiciones de servicio entre las diferentes etapas de desarrollo.

En áreas urbanas definidas (urbanizaciones o asentamientos humanos en desarrollo), el horizonte de diseño esta definido por el periodo en el que alcanzan su ocupación plena, de acuerdo con las características de uso asignadas por la entidad competente; generalmente se les considera una sola etapa.



## ii) Por el número de habitantes

- En localidades de menos de 5,000 habitantes generalmente se puede establecer una sola etapa de diseño para un horizonte de 10 años, de acuerdo con las proyecciones de población y sus posibilidades de desarrollo
- En localidades con poblaciones que varíen entre los 5,000 y 20,000 habitantes, se considera un periodo de diseño de 15 años.

## d) POSIBILIDADES DE FINANCIAMIENTO Y TASA DE INTERES

Las razones de durabilidad y resistencia al desgaste físico es indudable que representa un factor importante para el mejor diseño, pero adicionalmente habrá que hacer los cálculos de las tasas de interés, y del costo de oportunidad del capital, la relación beneficio costo; para que pueda aprovecharse mejor la inversión a realizar.

Esto implica el conocimiento del crecimiento poblacional y la fijación de una capacidad de servicio de los diferentes componentes del sistema para diversos años futuros, con lo cual se podría obtener un periodo optimo de obsolescencia, al final del cual se requeriría una nueva inversión o una ampliación del sistema actual.

No es lógico la utilización de un periodo de diseño generalizado, cuando existen una serie de variables que hacen de cada caso una situación particular. La determinación de la capacidad de los sistemas de agua potable y de desagüe de una localidad debe ser dependiente de su costo al final de su vida útil. Generalmente los sistemas se diseñan y construyen para satisfacer una población mayor que la actual (población futura). La pregunta, bajo el punto de vista económico, es ¿Cuánto mayor debe ser?

Donal T Lauria <sup>(10)</sup> desarrolla un modelo matemático para analizar esta variable. Para ello considera que la demanda se incrementa linealmente con el tiempo.

La expresión que determina el costo esta dado por

$$C = K(D_o + t_1)^\alpha + \frac{e^{-it_1} K(tD)^\alpha}{1 - e^{-it}} \quad (2)$$

El valor optimo de t, obtenido por derivación e igualación cero:

$$t = \frac{2.6(1-\alpha)^{1.12}}{i} \quad (3)$$

Donde

t=Periodo de Diseño Optimo

$\alpha$ =Factor de economía de escala

i=Costo de oportunidad del capital a valores reales

La Tabla N° 04 VALORES DE FACTOR DE ESCALA “ $\alpha$ ”, muestra valores del parámetro “ $\alpha$ ”, de los diversos componentes de los Sistemas de Agua y Desagüe <sup>(5)</sup>

TABLA N° 04  
VALORES DE FACTOR DE ECONOMIA DE ESCALA “ $\alpha$ ”

DESCRIPCION		$\alpha$
SISTEMA	COMPONENTE	
AGUA POTABLE	CAPTACION	0,20
	LINEA DE CONDUCCION	0,40
	LINEA DE ADUCCION	0,40
	REDES	0,30
	RESERVORIO	0,60
DESAGUE	REDES DE ALCANTARILLADO	0,30
	COLECTORES PRINCIPALES	0,16
	EMISORES	0,29
	EQUIPO DE BOMBEO	0,49

FUENTE: FAIR S GEYER ABASTECIMIENTO DE AGUA

## RANGO DE VALORES

Tomando en cuenta los factores antes señalados se deben establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable. Siendo un sistema de agua potable y de desagüe una obra compleja, constituida a su vez por obras de concreto armado y concreto simple, tuberías, válvulas, etc., cuyas resistencias no son iguales para todos los materiales, no es posible asignar un periodo de diseño uniforme a todos sus componentes.

A continuación en la Tabla N° 05 PERIODO DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO se indican rangos de valores de periodo de diseño asignados a los diversos componentes de los sistemas Saneamiento

**TABLA N° 05**  
**PERIODO DE DISEÑO**  
**ESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO**

SISTEMA	ESTRUCTURA		DESCRIPCION	PERIODO AÑOS	CAUDAL DISEÑO	
AGUA POTABLE	Fuentes	Superficiales	Sin regulación	Infinito	Caudal Máximo Diario	
			Con regulación	20 - 30		
		Subterráneas	Total	20 - 30		
			Por etapas	10		
	Captación	Superficiales	Tomas	15 - 25		
			Represas	30 - 50		
		Subterráneas	Galerías	25		
	Bombeo	Bombas, Motores	Periodos Cortos	10 - 15		Caudal Máximo Diario + Reserva
		Instalaciones, Edificios	Posibilidad de ampliación	20 - 25		
	Línea Aducción	Magnitud, Diámetro, Costos	En general	20 a 40		Caudal Máximo Diario
Reservorios	Concreto	1 etapa	30 - 40	Caudal Máximo Horario o Caudal Máximo Diario + Caudal Incendio		
	Metálicos		20 - 30			
Línea Conducción	Magnitud, Diámetro, Costos	En general	30 a 40			
Red Distribución	Magnitud, Diámetro, Costos	En general	20			
DESAGÜE	Colector	Secundarios	Servicio a 1/2 sección	25	80% Máximo Anual de la Demanda Horaria	
		Principales		40 - 50		
	Emisor	Emisores	Servicio a 3/4 sección	40 - 50		
	Plantas de Tratamiento	Crecimiento y tasa de interés bajo	Varias etapas	20 - 25		
		Crecimiento y tasa de interés alto		20 - 25		

FUENTE: ADAPTACION DE ARROCHA Y FAIR S GEYER



### 3.03.0 VARIACIONES DE CONSUMOS

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo.

Para lograr tales objetivos, es necesario que cada componente del sistema este satisfactoriamente diseñado y funcionalmente adaptada al conjunto. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante la vida útil de los sistemas.

#### 3.03.1 DOTACION PROMEDIO

Se define como **Dotación Promedio** ( $Q_p$ ), como el promedio de los consumos diarios ocurridos durante un año de registros, expresándolo en l/hab/día,

La Dotación Promedio ( $Q_p$ ) puede ser obtenido, Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas. Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función de un porcentaje de la Dotación Promedio ( $Q_p$ ).

Es bien sabido que en épocas de lluvia, las comunidades demandan menores cantidades de agua, así mismo durante una semana cualquiera observaremos que en forma cíclica ocurren días de máximo consumo (generalmente lunes) y días de mínimo consumo (generalmente domingo).

Mas aun, si tomamos un día cualquiera, también resultará cierto que los consumos de agua presentarán variaciones hora a hora, mostrándose horas de máximo consumo y horas de mínimo consumo. El problema consistirá, entonces, en poder satisfacer las necesidades reales de cada zona a desarrollar, diseñando cada estructura de forma tal que estas cifras de consumo y las variaciones de los mismos no desarticulen a todo el sistema, sino permitan un servicio de agua eficiente y continuo.



### 3.03.2 CAUDAL MAXIMO DIARIO

En los sistemas de abastecimiento a lo largo del año se registran una serie de valores de consumo. Si analizamos la serie de registros de consumo de un año para una ciudad cualquiera encontraremos que durante los 365 días se presenta un día donde la localidad consume la mayor cantidad de agua (máxima demanda), que debe ser necesariamente satisfecha, ya que de lo contrario genera conflictos sociales, materiales, económicos, etc.; esta definición corresponde al **Caudal Máximo Diario**.

Este valor, relacionado con la Dotación Promedio ( $Q_p$ ), permite establecer constantes de diseño, apoyadas en diversas investigaciones nacionales y extranjeras. Todas las investigaciones permiten establecer un factor comprendido entre 120% y 200% como constantes de diseño para instalaciones o partes del sistema de abastecimiento que serán afectadas por el Máximo Anual de la Demanda diaria

De donde se establece la relación:

$$Q_{Max\ Diario} = K_1 Q_p \quad (4)$$

En la Tabla N° 06 VALORES DE  $K_1$  <sup>(1)</sup>, se muestra diversos valores del coeficiente  $K_1$ , que se utilizan en diferentes países.

TABLA N° 06  
VALORES DE  $K_1$   
DIVERSOS PAISES

PAIS	AUTOR	K1
Alemania	Hutler	1.6-2.0
Brazil	Azevedo- Neto	1.2-1.5
España	Lazaro Urra	1.5
Estados Unidos	Fair & Séller	1.5-2.0
Francia	Devaube- Imbeaux	1.5
Inglaterra	Gourlex	1.2-1.4
Italia	Galizio	1.5-1.6
Venezuela	Rivas Mijares	1.2-1.5

FUENTE: ADAPTACION LIBRO DE SIMON ARROCHA



En nuestro país el valor recomendado de  $K_1$  por el Reglamento Nacional de Construcción para poblaciones urbanas es 1.3 <sup>(13)</sup>

### 3.03.3 CAUDAL MAXIMO HORARIO

Durante un día cualquiera, los consumos de una ciudad cualquiera presentarán variaciones hora a hora, dependiendo de los hábitos y actividades de la población. Investigaciones realizadas muestran que los consumos horarios son mayores al medio día y mínimos durante la madrugada.

Si analizamos el registro horario de consumo de un día cualquiera de cualquier ciudad veremos que durante las 24 horas del día se presenta una hora donde la demanda es máxima; si tomamos el máximo de todos los máximos horarios ocurridos durante los 365 días del año, tendremos el **Caudal Máximo Diario**, el cual puede ser relacionado respecto al Promedio Anual de la Demanda ( $Q_p$ ), mediante la expresión.

$$Q_{Max\ Horario} = K_2 Q_p \quad (5)$$

En general se ha establecido valores de  $K_2$ , comprendidos entre 120% y 300%, notándose que en las grandes ciudades, con mayor diversificación de actividades, mayor economía etc., se presentan consumos menos diferenciados en horas de la noche con relación a las horas diurnas. Por el contrario, en localidades pequeñas esta variación tiende al límite superior, por la poca o ninguna actividad comercial, industrial y nocturna, ya que este valor tiende a separarse más del Promedio Anual de la Demanda ( $Q_p$ .)

En la Tabla N° 07 VALORES DE  $K_2$ , se muestra valores del coeficiente  $K_2$ , que se utilizan en diferentes países.

TABLA N° 07  
VALORES DE  $K_2$   
DIVERSOS PAISES

PAIS	$K_2$
Bolivia	1.5-2.5
Chile	1.2-1.5
Colombia	1.4-1.6
Venezuela	2.0-3.0

FUENTE: ARTICULOS VARIOS INTERNET



Según el Reglamento Nacional de Construcción, en nuestro país los valores de  $K_2$  varían de acuerdo:

$$1.8 < K_2 < 2.5 \quad (6)$$

Dependiendo del tamaño de la Población, ha sido comprobado que para poblaciones pequeñas menores a 10,000 habitantes el valor de  $K_2$  sugerido sea de 2.5, y para poblaciones grandes mayores o iguales a 10,000 habitantes el valor de  $K_2$  debe ser igual o superior a 1.8

### 3.03.4 CAUDAL MÁXIMO MAXIMORUM <sup>(9)</sup>

El Caudal Máximo Maximorun que se presente durante la operación del sistema implica que la descarga máxima horaria concuerde con el día de máximo consumo diario, estableciéndose así:

$$Q_{Max Max} = K_1 K_2 Q_p \quad (7)$$

Este criterio se aplica a poblaciones pequeñas.

### 3.03.5 INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento es la de suministrar agua en forma continua y con presión suficiente a una comunidad, satisfaciendo razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo.

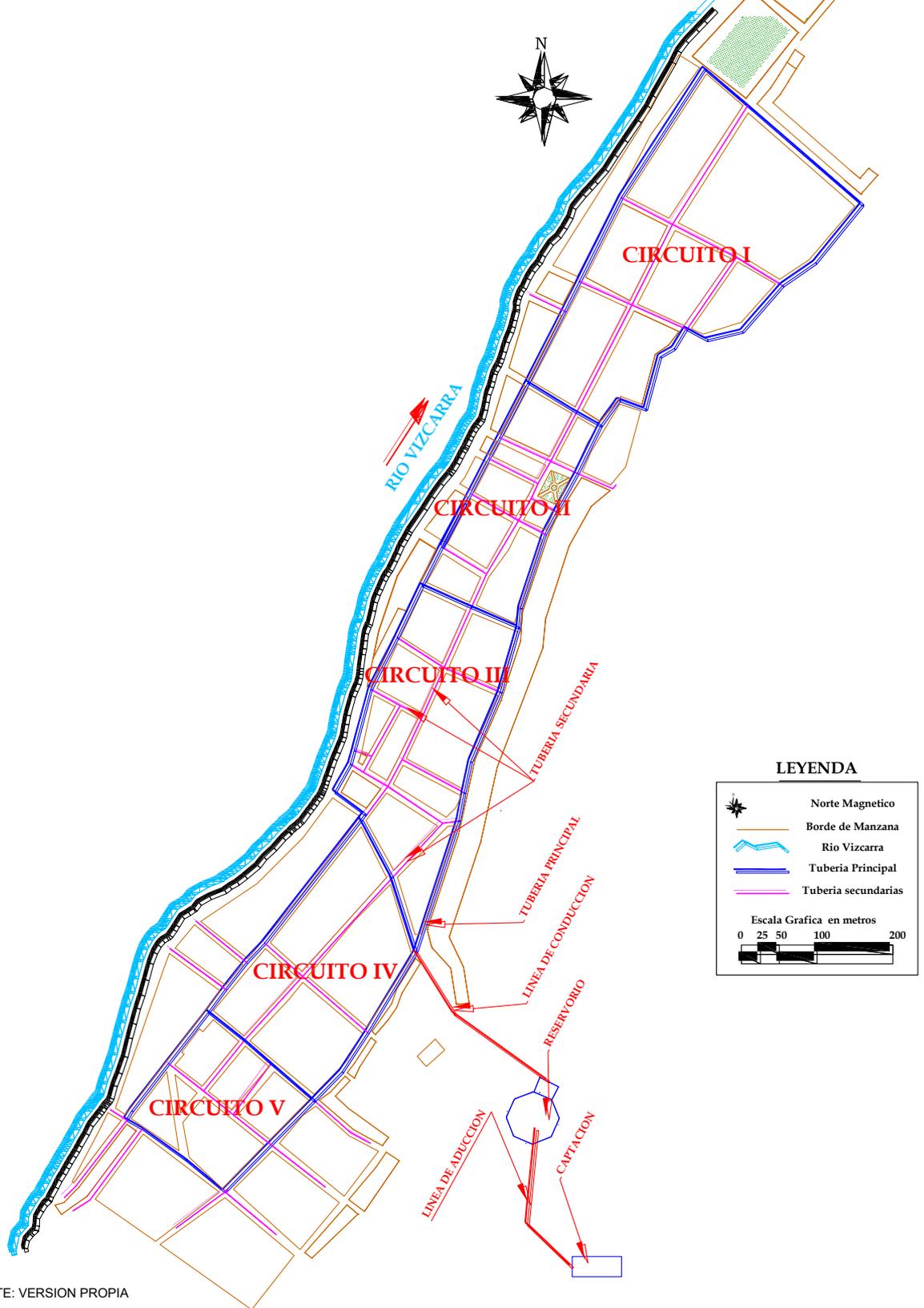
Para lograr esto es necesario que cada uno de sus componentes que constituyen el sistema esté satisfactoriamente diseñado y adaptado al conjunto. A fin de comprender mejor el funcionamiento y de explicar el porque se aplicaran factores de diseño diferentes para algunos de sus componentes, es conveniente, concebir de una manera esquemática el sistema de abastecimiento.

De acuerdo al Gráfico N° 05 ESQUEMA DEL SISTEMA FUTURO DE AGUA POTABLE, el proyecto contempla las siguientes estructuras:

- a) Fuente de Abastecimiento
- b) Captación.
- c) Línea de aducción
- d) Reservorio
- e) Línea de conducción
- f) Red de Distribución.



### GRAFICA Nº 05 ESQUEMA DEL SISTEMA FUTURO DE AGUA POTABLE



FUENTE: VERSION PROPIA



**a) Fuente de Abastecimiento**

La fuente de Abasteciendo ubicada en la quebrada de Marka Ragra esta constituida por agua subterráneas, cuya composición bacteriológica ha sido calificada como apta para el consumo humano, según el análisis N° 0070-06-LMAA-DESA-HCO, efectuado por el **LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUAS** de la DISA de Huánuco, del 31 de mayo de 2006 mostrados en el Anexo VI.

La Fuente constituye la parte mas importante del sistema de abastecimiento, deberá garantizar un servicio continuo y eficiente, y tendrá que tener la capacidad de suplir el agua requerida para el día mas critico o satisfacer el Máximo Anual de la Demanda Diaria.

**b) Captación.**

La Captación ubicada aguas abajo de la fuente, captará el agua subterránea proveniente del caudal de Marka Ragra mediante una galería filtrante de ladera.

Al igual que la fuente deberá satisfacer la Máximo Anual de la Demanda Diaria.

**c) Línea de aducción**

La Línea de Aducción es definida como la tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el reservorio de almacenamiento, debe satisfacer condiciones de servicio para el día de máxima consumo, garantizando de esta manera la eficiencia del sistema y funciona a gravedad.

**d) Reservorio**

El Reservorio es el elemento intermedio entre la fuente y la red de distribución.

Su volumen deberá satisfacer las demandas de agua que se presenten en el día debido a las variaciones horarias de consumo (volumen de regulación), absorber las interrupciones de la línea de aducción (volumen de reserva), así como dotar del agua que



demande aplacar un incendio. Además deberá garantizar que la presión mínima en el punto más crítico de la red, sea igual o mayor a 15 m de columna de agua.

Estas condiciones particulares del reservorio le hacen actuar con funciones de almacenaje y de compensador de las variaciones de los consumos. Las Capacidades de los volúmenes de regulación, contra incendio y de reserva serán fijadas de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción

**e) Línea de conducción**

La Línea de Conducción ha sido diseñada utilizando el criterio del gasto coincidente es decir con la cifra que resulte mayor al comparar el Máximo Horario con la suma del gasto Máximo Diario más el caudal de incendios.

**f) Red de Distribución.**

La cantidad de agua en la Red de Distribución esta definida por los consumos horarios que se presentan a lo largo del día, este caudal deberá también garantizar agua en cantidad suficiente para apagar los posibles incendios que se produzcan en la ciudad, por lo que en el diseño del caudal de la red se empleará el mismo criterio usado en la línea de conducción.

### 3.04.0 CÁLCULO DEL PERIODO DE DISEÑO

Con respecto al periodo de diseño el reglamento Nacional de Construcción no especifica un valor determinado dice a la letra:

***“El periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los periodos óptimos para cada componente de los sistemas”***

Para calcular el periodo de diseño de Proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua y Desagüe de La Unión” haremos uso de la fórmula de Donal T Lauria, descrita en el párrafo 3.02.00

$$t = \frac{2.6(1-\alpha)^{1.12}}{i}$$

Para el caso, el cálculo lo haremos por separando para cada uno de los



sistemas, en cualquiera de ellos en la fórmula de Donal L Lauria el valor de de costo de oportunidad del capital a valores reales será considerado igual a 9%.

La Tabla N° 08, muestra los valores del periodo óptimo de diseño para cada uno de los diversos componentes del “**Sistema de Agua y Desagüe de la ciudad de La Unión**”, donde el promedio de periodo de diseño de todas estas estructuras es 18 años.

TABLA N° 08  
**CÁLCULO DEL PERIODO ÓPTIMO DE DISEÑO PARA LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y DESAGUE DE LA CIUDAD DE LA UNION**

DESCRIPCION		$\alpha$	AÑOS	
SISTEMA	ESTRUCTURA		i	ti
AGUA POTABLE	CAPTACION	0,20	0,09	23
	LINEA DE CONDUCCION	0,40	0,09	16
	LINEA DE ADUCCION	0,40	0,09	16
	REDES	0,30	0,09	19
	RESERVORIO	0,60	0,09	10
DESAGUE	REDES DE ALCANTARILLADO	0,30	0,09	19
	COLECTORES PRINCIPALES	0,16	0,09	24
	EMISORES	0,29	0,09	20
Periodo Promedio				18

FUENTE: VERSION PROPIA

Para efecto de cálculo del periodo de diseño de la Ciudad de La Unión, tomaremos como **periodo de diseño del Sistema 20 años**, teniendo en consideración lo descrito en el párrafo 3.02.1

El periodo de diseño se iniciará el año 2005 y terminara el año 2025

### 3.05.0 METODOS DE ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA <sup>(9)</sup>

El crecimiento de la población de las ciudades se produce en tres periodos bien definidos:

- Periodo de Asentamiento.
- Periodo de Crecimiento
- Periodo de Saturación.



### a) Periodo de Asentamiento

Toda ciudad al inicio de su fundación tiene falencias dentro de su organización, tal vez falle el transporte público, el servicio eléctrico no funcione como debe de ser, o falte agua en algunas de sus zonas; esta desorganización produce zozobra dentro de los individuos que la habitan, y por lo tanto esta incertidumbre puede manifestarse en un crecimiento lento de la población. A esta etapa del poblamiento de una ciudad que se caracteriza por el lento crecer de la población se le llama periodo de asentamiento.

### b) Periodo de Crecimiento

Los asentamientos humanos después del inicio incierto que tienen, logran una estabilidad en su organización, la calidad de los servicios que ofrece mejoran, las industrias y el comercio florecen, etc. El progreso de la ciudad se refleja en el ser humano, hay mayores nacimientos, la esperanza de vida crece, la ciudad se vuelve atractiva, pobladores de las ciudades vecinas atraídos por el progreso, migran a la ciudad.

Esto hace que el crecimiento de la población de la ciudad en esta etapa se acelere. A este ciclo de vida de la ciudad en que la población se acrecienta se le denomina periodo de crecimiento.

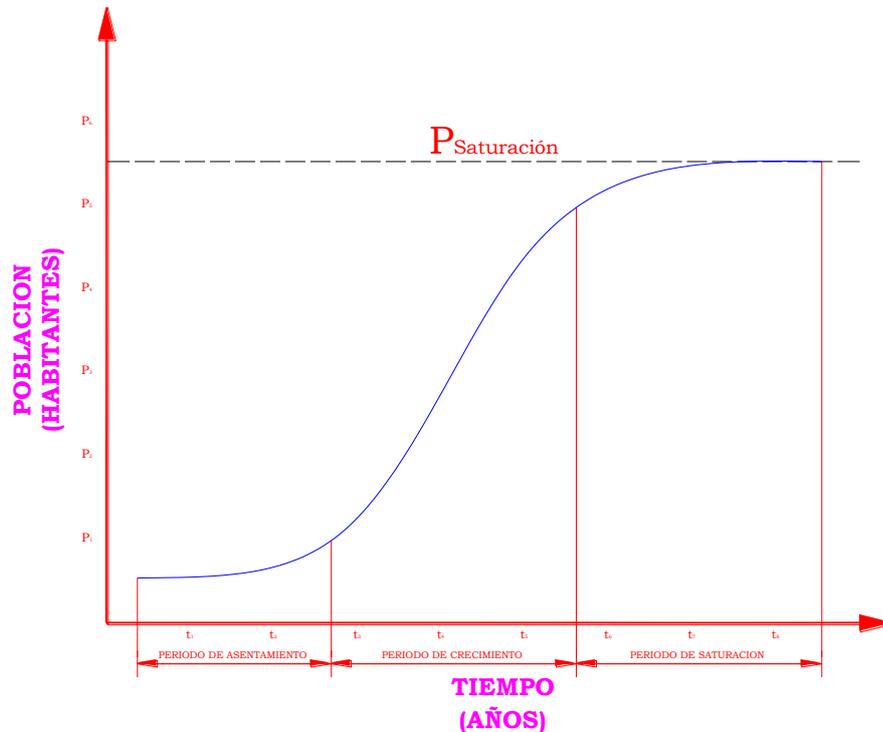
### c) Periodo de Saturación

Todo crecimiento tiene un límite, en el caso de las ciudades este límite se manifiesta en la falta de oportunidades de empleo, la obsolescencia de los servicios se pone de manifiesto, la ciudad ya no tiene más que ofrecer, comienza la migración de sus habitantes a ciudades más atractivas.

A esta etapa se le denomina Periodo de Saturación.

En la Gráfica N° 06 CURVA HISTÓRICA se muestra las etapas de desarrollo una ciudad cualquiera, en el se distinguen los periodos de asentamiento, crecimiento y saturación

### GRÁFICA N° 06 CURVA HISTORICA



FUENTE: APUNTES DE CLASE

#### 3.05.1 POBLACION DE DISEÑO

Ya definido el periodo de diseño en 20 años, el año de inicio como 2005 y el año 2025 como el año en que el proyecto se encuentre funcionando al 100%, se procederá a estimar la población para el año 2025.

Para la evaluación existen diferentes métodos de estimación, entre los cuales podemos citar:

- a) Método Gráfico
- b) Método Analítico

#### a) Método Gráfico

Este método como su nombre lo indica es un método gráfico de cálculo de tendencias de crecimiento de la Población, en base a los registros de las poblaciones censadas.



## b) Método Analítico

El método Analítico usa la matemática como herramienta para estimar la población futura, y son varias las fórmulas de estimación.

Dentro de los Métodos Analíticos para la estimación del crecimiento poblacional tenemos los siguientes:

- i) Aritmético
- ii) Interés Simple
- iii) Geométrico
- iv) Parabólico.
- v) Incrementos Variables.
- vi) Incrementos Porcentuales:
  - a) Aritmético
  - b) Geométrico

El cálculo de la población futura se hará mediante el método analítico, con la información proporcionada por los censos llevados en el país a partir del año 1940, no se tomará en cuenta la cantidad de nacimientos, defunciones, la migración ni a la población flotante

El Cuadro N° 17 POBLACIÓN URBANA, muestra los valores de población de la Ciudad de La Unión de los últimos 6 censos nacionales

CUADRO N° 17  
**POBLACION URBANA**  
**CIUDAD DE LA UNION**

AÑO DEL CENSO	1940	1961	1972	1981	1993	2005
DIA Y MES	8 DE JUNIO	02 DE JULIO	04 DE JUNIO	12 DE JULIO	11 DE JULIO	TODO JUNIO
POBLACION	1672	2013	2537	3055	3885	4671

FUENTE: INEI 2006

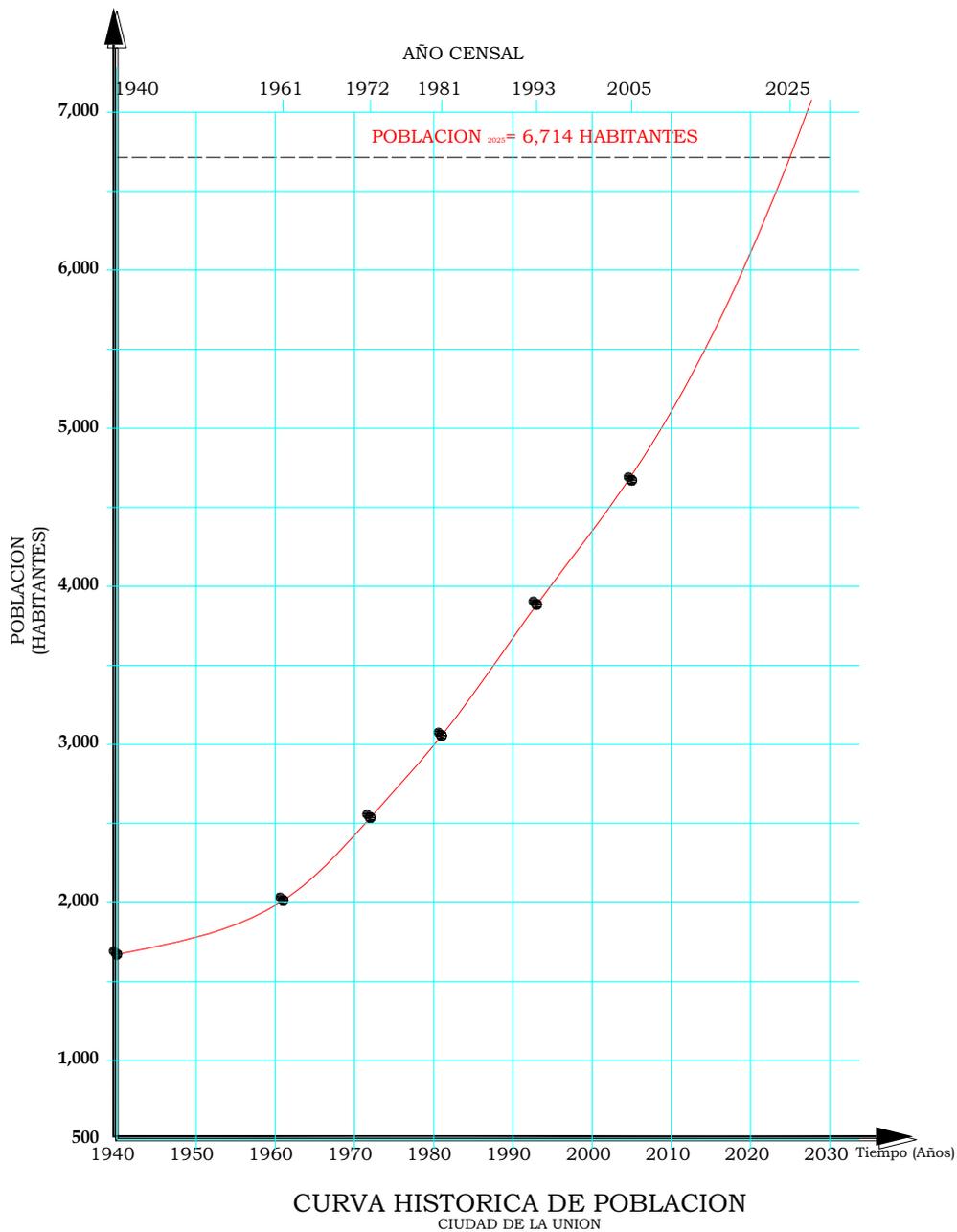
### 3.05.2 ESTIMACION DE LA POBLACION DE DISEÑO

#### a) METODO GRÁFICO

El Gráfico N° 07 MÉTODO GRÁFICO DE TENDENCIAS, muestra la curva de crecimiento Histórica de la población de la Ciudad de La Unión para los últimos 65 años, en ella puede notarse que a partir del año 1960 la pendiente es casi constante.

**La población así calculado por este método es de 6,714 habitantes.**

**GRAFICA N° 07**  
**METODO GRAFICO DE TENDENCIAS**



FUENTE: INEI 2006

**b) METODO ANALITICO**

En todos las formulas del método analítico las variables a usar son:

- |                |                       |                |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| P              | =Población a calcular | t              | =Tiempo futuro        |
| P <sub>0</sub> | =Población Inicial    | t <sub>0</sub> | =Tiempo Inicial       |
| P <sub>u</sub> | =Población última     | r              | =Razón de crecimiento |

**i) Método de Crecimiento Aritmético**

Este método considera que la variación de la población en el tiempo es constante, así se puede escribir que:

$$\frac{dP}{dt} = r$$

Integrando la ecuación anterior se tiene:

$$\int dP = \int_{t_0}^t r dt$$

$$P = P_0 + r(t - t_0) \tag{8}$$

Donde  $P_0=4671$  Habitantes y  $t_0=2005$

**CUADRO N° 18  
MÉTODO ARITMÉTICO**

AÑO CENSO	POBLACION Hab	$\Delta P$ Hab	$\Delta t$ años	$r=\Delta P/\Delta t$ Hab/año
1940	1672			
1961	2013	341	21	16,24
1972	2537	524	11	47,64
1981	3055	518	9	57,56
1993	3885	830	12	69,17
2005	4671	786	12	65,50

FUENTE: VERSION PROPIA

El Cuadro N° 18 MÉTODO ARITMÉTICO, muestra las razones de crecimiento que se han producido entre cada censo, la razón de crecimiento para el cálculo de la población futura se calculará como el promedio de todos estos crecimientos.

$$\bar{r} = \frac{16.24 + 47.64 + 57.56 + 69.17 + 65.50}{5} = \frac{256.11}{5} = 51.22 \text{ hab/año}$$

Reemplazando valores en (8)

$$P = 4,671 + 51.22(t - 2005)$$

Evaluando para el año 2025, la ecuación anterior

$$P = 4,671 + 51.22(2025 - 2005)$$

**Población año 2025=5,695 Habitantes**

## ii) Método de Interés Simple

En este método se considera que la variación de la población con respecto al tiempo es directamente proporcional a la población inicial, afectada de una constante  $r$  de corrección así tenemos:

$$\frac{dP}{dt} = rP_0$$

Integrando la ecuación anterior

$$\int dP = \int_{t_0}^t r P_0 dt$$

$$P = P_0 [ 1 + r(t - t_0) ] \quad (9)$$

Donde  $P_0=4,671$  Habitantes y  $t_0=2005$

CUADRO N° 19  
MÉTODO INTERÉS SIMPLE

AÑO CENSO	POBLACION Hab	$\Delta P$ Hab	$\Delta t$ años	$r = \frac{\Delta P / \Delta t}{P}$ Años <sup>-1</sup>
1940	1672			
1961	2013	341	21	0,00971
1972	2537	524	11	0,02366
1981	3055	518	9	0,02269
1993	3885	830	12	0,02264
2005	4671	786	12	0,01686

FUENTE: VERSION PROPIA

El Cuadro N° 19 MÉTODO DE INTERÉS SIMPLE, muestra las razones de crecimiento que se han producido entre cada censo, la razón de crecimiento para el cálculo de la población futura por este método, se calculará como el promedio de todos estos crecimientos.

$$\bar{r} = \frac{0.00971 + 0.02366 + 0.02269 + 0.02264 + 0.01686}{5} = \frac{0.09556}{5} = \frac{0.019112}{\text{años}}$$

Reemplazando valores en (9)

$$P = 4671 [ 1 + 0.019112(t - 2005) ]$$

Evaluando para el año 2025 la ecuación anterior

$$P = 4,671 [ 1 + 0.019112(2025 - 2005) ]$$

**Población año 2025=6,456 Habitantes**

iii) **Método Geométrico o crecimiento ilimitado sin mortalidad**

En este método se considera que la tasa de crecimiento es una función exponencial del tiempo de la forma:

$$\frac{dP}{dt} = K r^t$$

Donde  $K = P_0 \ln r$

Integrando la ecuación

$$\int dP = \int_{t_0}^t K r^t dt$$

$$P = P_0 r^{(t-t_0)} \tag{10}$$

Donde  $P_0=4,671$  Habitantes y  $t_0=2005$

CUADRO N° 20  
**METODO GEOMETRICO**

AÑO CENSO	POBLACION Hab	$P_{i+1}/P_i$	$\Delta t$ Años	$r = \sqrt[\Delta t]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$
1940	1672			
1961	2013	1,20394737	21	1,00888
1972	2537	1,260308	11	1,02126
1981	3055	1,20417816	9	1,02086
1993	3885	1,27168576	12	1,02023
2005	4671	1,2023166	12	1,01547

FUENTE: VERSION PROPIA

El Cuadro N° 20 MÉTODO GEOMÉTRICO, muestra las razones de crecimiento que se han producido entre cada censo, la razón de crecimiento para el cálculo de la población futura por este método, se calculará como el promedio de todos estos crecimientos.

$$\bar{r} = \frac{1.00888+1.02126+1.2086+1.02023+1.01547}{5} = \frac{5.08670}{5} = 1.01734$$

Reemplazando valores en (10)

$$P = 4,671 [ 1.017340^{(t-2005)} ]$$

Evaluando para el año 2025 la ecuación anterior

$$P = 4,671 [ 1.017340^{(2025-2005)} ]$$

**Población año 2025=6,588 Habitantes**



#### iv) Método de la Parábola de Segundo Grado

Este método se usa para poblaciones que se encuentran en el estado inicial o periodo de asentamiento, su ecuación es:

$$Y_i = AX_i^2 + BX_i + C \tag{11}$$

Donde  $Y_i$  es la población futura, **A**, **B**, **C** constantes a calcular, X el número de años medidos a partir de un año de referencia, para nuestro caso el año será 1940, el sistema a resolver:

$$\begin{aligned} A\Sigma X_i^4 + B\Sigma X_i^3 + C\Sigma X_i^2 &= \Sigma Y_i X_i^2 \\ A\Sigma X_i^3 + B\Sigma X_i^2 + C\Sigma X_i &= \Sigma Y_i X_i \\ A\Sigma X_i^2 + B\Sigma X_i + nC &= \Sigma Y_i \end{aligned} \tag{12}$$

Los valores de los coeficientes del Sistema (12), se muestran en el Cuadro N° 21  
METODO DE LA PARABOLA:

CUADRO N° 21  
METODO DE LA PARABOLA

AÑO	POB.	Y	X	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	Y X	Y X <sup>2</sup>
1940	1672	1672	0	0	0	0	0	0
1961	2013	2013	21	441	9261	194481	42273	887733
1972	2537	2537	32	1024	32768	1048576	81184	2597888
1981	3055	3055	41	1681	68921	2825761	125255	5135455
1993	3885	3885	53	2809	148877	7890481	205905	10912965
2005	4671	4671	65	4225	274625	17850625	303615	19734975
<b>Σ</b>		17833	212	10180	534452	29809924	758232	39269016
<b>PROM</b>		2972,167	35,333	1696,667	89075,333	4968321	126372	6544836

FUENTE: VERSION PROPIA

Reemplazando valores en (12), tendremos:

$$\begin{aligned} 29'809,924A + 534,452B + 10,180C &= 39'269,016 \\ 534,452A + 10,180B + 212C &= 758,232 \\ 10,180A + 212B + 6C &= 17,833 \end{aligned}$$

Resolviendo:

$$A=0.5806$$

$$B=9.9189$$

$$C=1,636.6863$$

Reemplazando valores en (11)

$$Y_i = 0.5806X_i^2 + 9.9189X_i + 1,636.6863$$

Evaluando para el año 2005 la ecuación anterior

$$Y_{2025} = 0.5806x85^2 + 9.9189x85 + 1,636.6863$$

**Población año 2025=6,675 Habitantes**



### INCREMENTOS VARIABLES E INCREMENTOS PORCENTUALES

Para el uso de los Métodos de Incrementos Variables y el de los Incrementos Porcentuales es necesario que los censos estén regularmente espaciados en el tiempo, cosa que no ocurre en el Perú, por lo que es necesario ordenar los datos de población con una periodicidad dada.

En nuestro caso tomaremos periodos de 10 años, el año tomado como referencia para la interpolación será el año 2005, se interpolaran los datos hacia atrás.

Los datos de la población con interpolación se muestran en el Cuadro N° 22

CUADRO N° 22  
**POBLACION URBANA EQUIDISTANCIADA**

AÑO	1945	1955	1965	1975	1985	1995	2005
POBLACION	1753	1916	2204	2710	3332	4016	4671

FUENTE: VERSION PROPIA

#### v) Método de los Incrementos Variables

Este método considera que la población a calcular es función del último dato censal, del promedio de los incrementos poblacionales y del promedio de las variaciones de estos incrementos, así tendremos:

$$P_k = P_u + m \overline{\Delta P} + \frac{m(m-1)}{2} \overline{\Delta_2 P} \quad (13)$$

En el Cuadro N° 23 MÉTODO DE LOS INCREMENTOS VARIABLES, se muestra en la columna el  $\overline{\Delta P}_p$  promedio de los incrementos y en la columna  $\overline{\Delta_2 P}_p$  el promedio de las variaciones de estos incrementos.

CUADRO N° 23  
**METODO DE LOS INCREMENTOS VARIABLES**

AÑO	POB Hab	$\Delta P$ Hab	$\overline{\Delta P}_p$ Hab	$\Delta_2 P$ Hab	$\overline{\Delta_2 P}_p$ Hab
1945	1753		<b>486,33</b>		<b>98,40</b>
1955	1916	163			
1965	2204	288		125	
1975	2710	506		218	
1985	3332	622		116	
1995	4016	684		62	
2005	4671	655		-29	
	<b>Σ</b>	<b>2918</b>			

FUENTE: VERSION PROPIA



Reemplazando valores en (13)

$$P_k = 4,671 + m486.33 + \frac{m(m-1)}{2} 98.40$$

Para el año 2025, el valor de m será igual 2 (numero de décadas partir de 2005) y población inicial 4,671 habitantes, reemplazando estos valores en la ecuación anterior:

$$P_k = 4,671 + 2x 486.33 + \frac{2x(2-1)}{2} 98.40$$

**Población año 2025=5,742 Habitantes**

#### vi) Método de los Incrementos Porcentuales

Este método considera que los Incrementos Porcentuales en un periodo cualquiera son función de la población. Estos incrementos pueden aritmético y geométrico, así tendremos:

- i) Incrementos Porcentuales Crecimiento Aritmético

$$Y = A + BX \quad (14)$$

- ii) Incrementos Porcentuales Crecimiento Geométrico

$$Y = Ae^{BX} \quad (15)$$

Donde Y es la razón de crecimiento porcentual, X es la población, A y B, constantes a determinar.

La razón de crecimiento en porcentaje de un periodo cualquiera de una población es:

$$Y_i = 100 \left( \frac{X_{i+1} - X_i}{X_i} \right) \quad (16)$$

Donde

$Y_i$  =Incremento de población en porcentaje del periodo  $i$

$X_i$  =Población al inicio del periodo  $i$

$X_{i+1}$ =Población al final del periodo  $i$



A continuación procedemos a estimar la población de diseño para el año 2025 para la ciudad de La Unión, por el Método de Incrementos Porcentuales.

### a) Incremento Porcentual Crecimiento Aritmético

De acuerdo a la ecuación (15), la razón del incremento porcentual aritmético ( $Y_i$ ) de una población cualquiera es una función lineal de la población ( $X_i$ ), luego:

$$Y_i = A + BX_i$$

Donde el cálculo de las constantes **A** y **B**, se hace mediante el método de los mínimos cuadrados, así tendremos:

$$\begin{aligned} nA + \sum X_i B &= \sum Y_i \\ \sum X_i A + \sum X_i^2 B &= \sum X_i Y_i \end{aligned} \quad (17)$$

El sistema anterior se puede escribir también como:

$$\begin{aligned} A + \bar{X}B &= \bar{Y} \\ A + \frac{\sum X_i^2}{\sum X_i} B &= \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i} \end{aligned} \quad (18)$$

### b) Incremento Porcentual Crecimiento Geométrico

De acuerdo a la ecuación (16), la razón del incremento porcentual geométrico ( $Y_i$ ) de una población cualquiera es una función exponencial población ( $X_i$ ), tomando logaritmos neperianos, la ecuación se transforma:

$$\ln Y_i = \ln A + BX_i \quad (19)$$

La ecuación anterior se puede escribir como:

$$y_i = a + BX_i \quad (20)$$

La determinación de las constantes **a** y **B**, se hace mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} na + \sum X_i B &= \sum y_i \\ \sum X_i a + \sum X_i^2 B &= \sum X_i y_i \end{aligned} \quad (21)$$

El sistema anterior se puede escribir también como:

$$\begin{aligned} a + \bar{X}B &= \bar{y} \\ a + \frac{\sum X_i^2}{\sum X_i} B &= \frac{\sum X_i y_i}{\sum X_i} \end{aligned} \quad (22)$$



En el cuadro N° 24 INCREMENTO PORCENTUAL MINIMOS CUADRADOS se presentan los valores de los coeficientes de los sistemas de ecuaciones (17) y (21)

CUADRO N° 24  
INCREMENTO PORCENTUAL

i	AÑO	Pob Xi	$\Delta X_i$	$Y_i$ %	$\ln Y_i$	$X_i^2$	$X_i Y_i$	$X_i \ln Y_i$
1	1945	1753		9,298346	2,229837	3073009	16300,00054	3908,904261
			163					
2	1955	1916		15,031315	2,710136	3671056	28799,99954	5192,620576
			288					
3	1965	2204		22,958258	3,133678	4857616	50600,00063	6906,626312
			506					
4	1975	2710		22,95203	3,133406	7344100	62200,0013	8491,53026
			622					
5	1985	3332		20,528211	3,0218	11102224	68399,99905	10068,6376
			684					
6	1995	4016		16,309761	2,791764	16128256	65500,00018	11211,72422
			655					
7	2005	4671						
	$\Sigma$	15931		107,077921	17,020621	46176261	291800,0012	45780,0432
	PROMEDIO	2655,2		17,846	2,837	7696043,500	48633,334	7630,007

FUENTE: VERSION PROPIA

### INCREMENTO PORCENTUAL ARITMETICO

El sistema a resolver según el método de los Incrementos Porcentuales de Crecimiento aritmético es:

$$A + 2,655.167B = 17.846$$

$$A + 2,898.520B = 18.317$$

Resolviendo:

$$A = 12.7125$$

$$B = 0.0019$$

Reemplazando en (14):

$$Y_i = 12.7125 + 0.0019X_i$$

Los valores de la ecuación anterior están planteados en la Cuadro N° 25



### INCREMENTO PORCENTUAL GEOMETRICO

El sistema a resolver según el método de los Incrementos Porcentuales de Crecimiento Geométrico es:

$$6a + 15931B = 17.0206$$

$$15931a + 4'617,261B = 45,780.043$$

Resolviendo:

$$LnA = 2.4344 \Rightarrow A = 11.4093$$

$$B = 0.000152$$

Reemplazando en (15):

$$Y_i = 11.4093e^{0.000152x_i}$$

En el Cuadro N° 25 MÉTODO DE INCREMENTOS PORCENTUALES, se presenta la población futura calculada de forma aritmética y geométrica para el año 2025 para la Ciudad de La Unión,

CUADRO N° 25  
**METODO DE INCREMENTOS PORCENTUALES**

AÑO	POBLACION Hab		CRECIMIENTO POR DECADA %		INCREMENTO POR DECADA Hab	
	ARITMETICO	GEOMETRICO	ARITMETICO	GEOMETRICO	ARITMETICO	GEOMETRICO
2005	4671	4671	21,743	23,156	1016	1082
2015	5687	5753	23,708	27,281	1348	1569
2025	<b>7035</b>	<b>7322</b>				

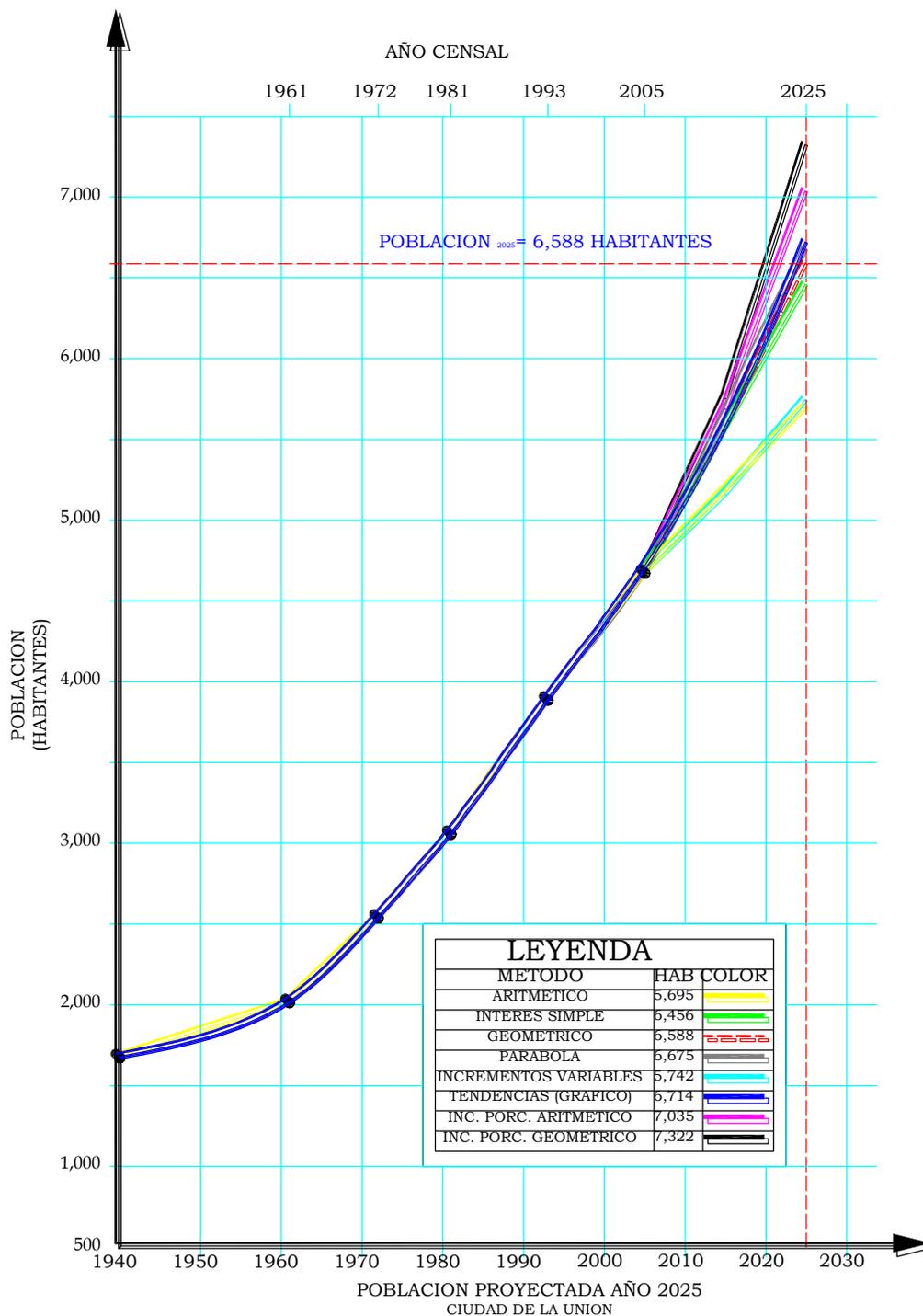
FUENTE: VERSION PROPIA

### 3.05.3 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Los valores de población futura de la ciudad de La Unión para el año 2025, calculada por los diferentes métodos se muestran en la GRAFICA N° 08, se aprecia que los valores máximos de población se dan por los métodos de incremento porcentuales aritmético y geométrico con 7,035 y 7,322 habitantes respectivamente, asimismo los valores mínimos se dan con los métodos aritmético y de incrementos variables con 5,695 y 5,742 habitantes respectivamente, el valor medio lo podemos calcular:

$$\bar{P}_{2025} = \frac{5,695 + 6,456 + 6,588 + 6,674 + 5,742 + 6,714 + 7,035 + 7,322}{8} = \frac{52,226}{8} = 6,528 Hab$$

**GRAFICA N° 08**  
**POBLACION FUTURA CIUDAD DE LA UNION**



FUENTE: VERSION PROPIA

El Cuadro N° 26 RESUMEN muestra las ecuaciones de los diferentes métodos empleados, la población inicial, la variación de la población durante el periodo de diseño, así como la población futura.



CUADRO N° 26

**CUADRO RESUMEN**

METODO		ECUACION	POB <sub>0</sub> Hab	ΔPOB Hab	POB <sub>f</sub> Hab
ARITMETICO		$P = 4,671 + 51.22(t - 2005)$	4.671	1.024	5.695
INTERES SIMPLE		$P = 467 [ 1 + 0.019112(t - 2005) ]$	4.671	1.785	6.456
GEOMETRICO		$P = 4,671 [ 1.017340^{(t-2005)} ]$	4.671	1.917	6.588
PARABOLA		$Y_i = 0.5806X_i^2 + 9.9189X_i + 1,6366863$	1.672	5.003	6.675
TENDENCIAS		GRAFICO	4.671	2.043	6.714
INCREMENTOS VARIABLES		$P_i = 4,671 + m 486.33 + \frac{m(m-1)}{2} 98.40$	4.671	1.071	5.742
INCREMENTOS PORCENTUALES	ARITMETICO	$X_{i+1} = X_i (1 + \frac{12.7125 + 0.0019X_i}{100})$	4.671	2.364	7.035
	GEOMETRICO	$X_{i+1} = X_i (1 + 11.4093 e^{0.00015X_i})$	4.671	2.651	7.322

La población de diseño para la ciudad de La Unión, se estimo como la población calculada por el método geométrico, por lo que la población de diseño es:

**Población Futura 2025=6,588 Habitantes**

**3.06.0 CÁLCULO DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO**

Las Variaciones de consumo definidas en los párrafos anteriores, de la ciudad de La Unión en el año 2025 son:

**Dotación Promedio**

La Dotación (**D**) para la ciudad de La Unión estimo en 120 l/h/día., en concordancia con el Reglamento Nacional de Construcción por lo expuesto en el párrafo 3.01.01.a., se asumió este valor por los siguientes motivos:

- a) Población menor a 10,000 habitantes
- b) Ubicarse en un clima frío, recordemos que La Unión se encuentra sobre los 3230 msnm.

Si aplicamos la ecuación (1), la dotación hubiese dado:

$$G=54 \times 6.588^{0.125} = 68.350 \text{ g/día}=258.732 \text{ l/día}$$



### Caudal Promedio Diario

El Caudal Promedio Anual de la Demanda ( $Q_p$ ), definido en la Tabla N° 03, se estimo como la dotación por habitante para la población futura de diseño, así tendremos:

$$Q_p = P_{2025} D \quad (23)$$

Reemplazando valores de población del año 2025 y dotación en la ecuación anterior, tendremos que:

$$Q_p = 6,588 \text{ hab} \times 1201 / \text{hab} / \text{dia} = 9.150 \text{ l/s}$$

### Caudal Máximo Diario

El Caudal del Máximo Anual de la Demanda Diaria ( $Q_{Max \text{ Diario}}$ ) se calcula por la Ecuación (4)

$$Q_{Max \text{ Diario}} = K_1 Q_p \text{ l/s}$$

Donde  $K_1$  toma el valor de 1.3 según lo indicado en el párrafo 3.03.02, luego:

$$Q_{Max \text{ Diario}} = 11.895 \text{ l/s}$$

### Caudal Máximo Horario

El Caudal del Máximo Anual de la Demanda Horaria ( $Q_{Max \text{ Horario}}$ ) se calcula por la Ecuación (5)

$$Q_{Max \text{ Horario}} = K_2 Q_p \text{ l/s}$$

Donde  $K_2$  toma el valor de 2.5 de acuerdo a lo expuesto en el párrafo 3.03.03 (población menor de 10,000 habitantes), luego:

$$Q_{Max \text{ Horario}} = 22.875 \text{ l/s}$$



### Caudal Máximo Maximorum

El Caudal Máximo Maximorum ( $Q_{Max Max}$ ) definido en el párrafo 3.03.04, se calcula por la Ecuación (7)

$$Q_{Max Max} = K_1 K_2 Q_p \text{ l/s}$$

Donde los valores de  $K_1$  y  $K_2$  son respectivamente 1.3 y 2.5, entonces:

$$Q_{MaxMax} = 29.736 \text{ l/s}$$

### 3.07.0 PARAMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño para la ciudad de La Unión, como población, dotación, caudales máximos horarios, diarios son los que se indican en el Cuadro N° 27  
PARAMETROS DE DISEÑO

CUADRO N° 27  
PARAMETROS DE DISEÑO  
CIUDAD DE LA UNION

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
PERIODO DISEÑO	20	años
POBLACION FUTURA	6,588	hab.
DOTACION PROMEDIO	120	l/h/día
CAUDAL PROMEDIO DIARIO	9,150	l/s
CAUDAL MAXIMO DIARIO	11.895	l/s
CAUDAL MAXIMO HORARIO	22.875	l/s
CAUDAL MAXIMO MAXIMORUM	29..738	l/s

FUENTE: VERSION PROPIA



#### 4.00.0 SISTEMA DE AGUA POTABLE

El Sistema de Agua Potable de La Unión, es un conjunto de tuberías que partiendo de la Captación situada en la quebrada de Marka Ragra, conducirá agua mediante la tubería de Aducción al reservorio, ubicado en la parte alta del barrio de Racri para su almacenamiento y posterior distribución a través de la red de tuberías tendidas por las calles de la ciudad de La Unión.

#### 4.01.0 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

Para el cálculo hidráulico del Sistema de Agua Potable de La Unión se tomarán las siguientes consideraciones de diseño:

##### a) Caudales

Los caudales de diseño que se emplearan en las diferentes estructuras del Sistema de Agua Potable son los siguientes:

<b>Caudal de la fuente</b>	21.360 l/s
<b>Caudal promedio</b>	9.150 l/s
<b>Caudal Máximo Diario</b>	11.895 l/s
<b>Caudal Máximo Horario</b>	22.875 l/s
<b>Caudal Máximo Maximorum</b>	29.736 l/s

##### b) Presión

Las presiones según el Reglamento Nacional de Construcción tendrán como presión máxima 50 m. y presión mínima de 15 m de columna de agua en la red de distribución. Permitiéndose presiones iguales a 10m de columna de agua en casos debidamente justificados.

Los Sistemas de tuberías que distribuyen el agua en las ciudades pueden ser extremadamente complicados, si consideramos la cantidad de accesorios que tiene el Sistema (Hidrantes, codos, tees, válvulas etc.), para efectos del cálculo se despreciarán las pérdidas de carga producidas por estos accesorios.



### c) Ecuación

La Ecuación para el cálculo de la velocidad del agua en cualquier tubería del Sistema de distribución, es la Ecuación de Hazen-Williams.<sup>(6)</sup>

$$V = 0.8494 CR^{0.63} S^{0.54} \text{ m/seg} \quad (24)$$

Haciendo transformaciones, el caudal se calcula:

$$Q = 0.27855 C_{H\&W} \phi^{2.63} S^{0.54} \text{ m}^3/\text{s} \quad (25)$$

Y la pérdida de carga se expresa como:

$$H = 10.66485 \frac{Q^{1.85} L}{C^{1.85} \phi^{4.86}} \text{ m} \quad (26)$$

Donde **R** = Radio Hidráulico ( $\phi/4$ ) en metros, **S** = Pendiente de la línea de alturas piezométricas, **C<sub>H&W</sub>** = Coeficiente de fricción,  $\phi$  = diámetro en metros y L = longitud de la tubería en metros

La Tabla N° 09 COEFICIENTE DE FRICCIÓN, muestra para el caso del agua los valores de **C<sub>H&W</sub>** para diferentes materiales de tubería.

TABLA N° 09  
COEFICIENTE DE FRICCIÓN C<sub>H&W</sub>  
DE LA FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS

MATERIAL DE TUBERIA	C <sub>H&amp;W</sub>
ASBESTO CEMENTO	140
POLICLORURO DE VINILO	140
ACERO SIN COSTURA	120
ACERO SOLDADO EN ESPIRAL	100
FIERRO FUNDIDO	100
FIERRO GALVANIZADO	100
CONCRETO	110
POLIETILENO	140

FUENTE: MANUAL NICOLL ETERPLAST S.A

#### 4.02.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El principal objetivo del Proyecto es el de proveer agua para: el uso doméstico mediante conexiones domiciliarias, instalaciones contra incendio, instalaciones de riego de jardines, etc.

El Sistema de Agua Potable de La Unión consiste en:

- a) Fuente de Abastecimiento
- b) Captación.
- c) Red de distribución
- d) Reservorio.
- e) Línea de Aducción.
- f) Línea de Conducción.

#### 4.03.0 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La fuente de Abastecimiento de agua constituye el elemento principal en el diseño del Sistema de Agua Potable de La Unión, previo a cualquier paso se ha definido su tipo, cantidad, calidad y ubicación.

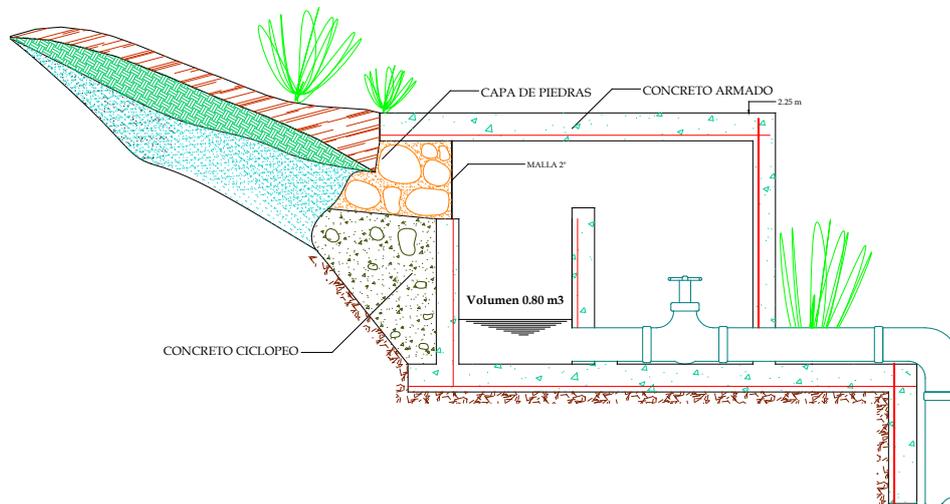
- i) **Tipo:** Agua Subterránea (Galería de Infiltración)
- ii) **Cantidad:** 21.36 l/s.
- iii) **Calidad:** Apta para Consumo Humano.
- iv) **Ubicación:** Quebrada de Marca Ragra (3,360 msnm)

#### GALERIA DE INFILTRACION

La galería de infiltración consiste en una canalización, construida por debajo del nivel freático del estrato acuífero, de forma de interceptar las corrientes de agua subterráneas, provocando su captación.

La Figura N° 01 muestra un esquema de la actual galería de infiltración.

**FIGURA N° 01**  
**ESQUEMA DE LA ACTUAL GALERIA DE INFILTRACION**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Dado que la actual galería de infiltración se encuentra en buen estado, el diseño contempla la utilización de esta antigua galería ubicada sobre la quebrada de Marca Ragra, como fuente del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de La Unión, por lo que se harán las modificaciones necesarias y convenientes para mejorar su aprovechamiento, y así prestar mejor servicio.



#### 4.04.0 CAPTACIÓN

La obra de Captación consiste en una estructura de concreto armado, colocada directamente sobre la fuente de abastecimiento para captar el caudal necesario, para luego ser conducido por gravedad por la Línea de Aducción hasta el reservorio.

#### 4.04.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN

Para el diseño de la nueva estructura de captación se tomó en cuenta detalles del estado de funcionamiento de la antigua estructura de captación (ver Figura 01) que actualmente se encuentra operativa, se tomaron en cuenta detalles como:

- i) Volumen de la Cámara de Carga (0.80 m<sup>3</sup>).
- ii) Altura de agua sobre la clave de la tubería de la Línea de Aducción a la salida de la cámara de carga (5 cm).
- iii) Malla de retención (malla de fierro de 2"x2").

Con estas consideraciones se procedió al diseño de la estructura citada.

#### 4.04.2 DISEÑO CAPTACION

- i) La cámara de captación es una estructura concreto armado de forma trapezoidal cuyas bases miden 6.40m y 3m respectivamente, la distancia entre bases es de 2.00m, con 1.00m de altura.
- ii) La Cámara tendrá un vertedero de 1.00 m de largo
- iii) Para la limpieza y mantenimiento de la cámara de captación se colocará una compuerta con las dimensiones y características mostradas en el PLANO N° 09
- iv) Sobre la base mayor se ubicaron orificios troncos cónicos, para el paso del agua.

Los detalles de la estructura de captación se muestran en el PLANO N° 09 PLANO DE CAPTACION Y DESARENADOR



#### 4.05.0 RED DE DISTRIBUCIÓN

El objeto de la Red de Distribución es el de suministrar agua en forma continua y eficiente, en cantidad y presión adecuadas a lo largo de la vida útil del sistema, su diseño debe atender la condición más desfavorable.

Al respecto el Reglamento Nacional de Construcción dice lo siguiente:

***“Las redes de distribución se proyectarán, en principio, en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento se realizara en base de cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red.***

***Para el análisis hidráulico del sistema de distribución podrá utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente”***

##### 4.05.01 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

De acuerdo a la topografía, ubicación de la fuente de Abastecimiento y del Reservorio, se establecieron consideraciones generales en el diseño de la Red de Distribución.

- a) Tipo de Red.
- b) Configuración de la Red.
- c) Caudal de Diseño.
- d) Asignación de Caudales
- e) Características de las tuberías.

##### a) TIPO DE RED

El tipo de red de distribución elegido para la ciudad de La Unión fue la de circuito cerrado. Los circuitos de la red están constituidos por las tuberías interconectadas, formando mallas a través de las calles de la ciudad de La Unión, esto permitirá un servicio continuo y eficiente.

Se empleó en el diseño este tipo de red de distribución, por ser la más conveniente para el proyecto, por contar la ciudad de La Unión con un trazo urbanístico definido.

## b) CONFIGURACION DE LA RED

Las redes malladas están constituidas por la Matriz de Distribución, tuberías secundarios o de relleno y ramales abiertos, la matriz de distribución la constituyen los componentes de los circuitos cerrados de la red de distribución, cuyos tramos se definan por los nudos que lo comprenden. Para ello se definió un nudo en base a lo siguiente:

- i) Intersección de dos tuberías Principales
- ii) Todo punto de alimentación
- iii) Espaciamiento entre nudos no mayores a 600 metros.

Para la configuración de los circuitos se tomaron en cuenta las zonas de posible desarrollo y crecimiento, así como sus limitaciones de expansión. Se consideraron zonas de desarrollo motivadas por la existencia de partes planas en los Barrios de Chacamayo (norte de la ciudad), y Racri (sur de la ciudad). En cambio en las zonas este y oeste limitadas por el río Vizcarra (oeste) y los cerros alledaños (este) no se consideraron zonas de desarrollo.

En la Foto N° 10 se aprecia la ciudad de La Unión orientada de Sur a Norte (norte parte baja de de la foto), ubicada sobre la margen derecha del río Vizcarra (lado izquierdo de la foto) y sobre la derecha el Distrito de Ripán.

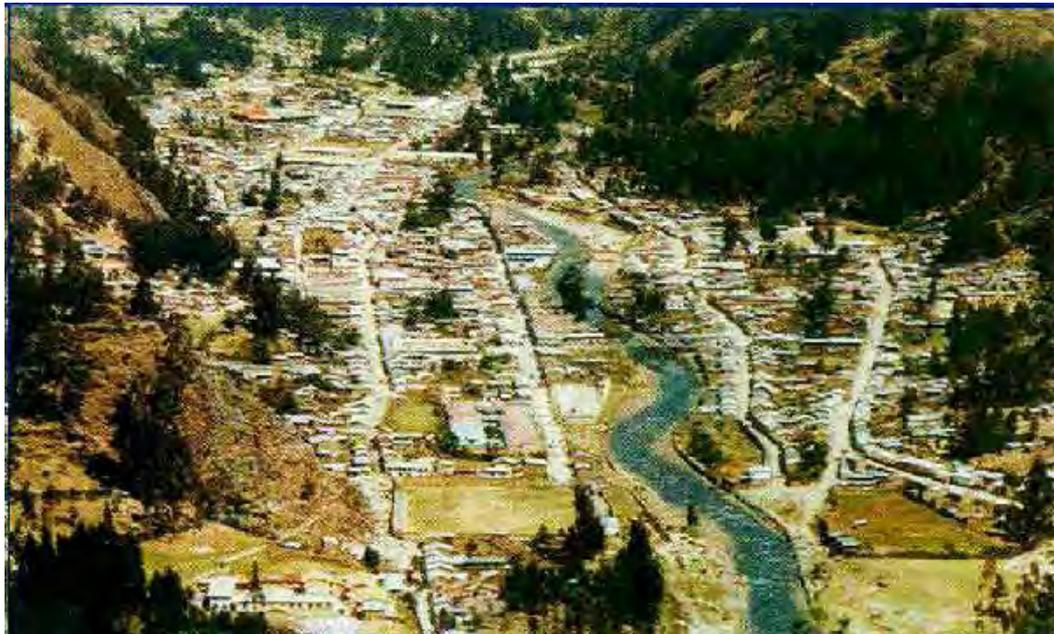


Foto N° 10 CIUDAD DE LA UNION



### c) CAUDAL DE DISEÑO

La ciudad de La Unión, no cuenta con estadísticas de consumo de agua, por lo que para el diseño tomaremos en cuenta el Reglamento Nacional de Construcción., éste especifica:

***“Para el cálculo hidráulico del Sistema de distribución se aplicarán fórmulas racionales con el criterio del gasto coincidente, es decir con la cifra que resulte de comparar el máximo horario con la suma del gasto máximo diario mas incendio para el caso de poblaciones en que se considera demanda contra incendios”***

### d) ASIGNACIÓN DE CAUDALES EN TUBERIAS PRINCIPALES

Para el dimensionado de la red de distribución, tendremos que asignar los caudales que circulan por cada tramo, existen diversos métodos, los más comunes son:

- i) Método de las bisectrices.
- ii) Método de la medianera

#### i) METODO DE LAS BISECTRICES

Se trata de determinar el caudal o consumo medio para toda la zona a proyectar y las áreas de influencia de cada nudo con su peso respectivo, a fin de determinar una demanda unitaria. Se entiende por peso en un nudo al porcentaje de ocupación del nudo o desarrollo en el periodo de diseño. Se enumeran los nudos que configuran la red y se determinan las áreas de influencia de cada uno, trazando las mediatrices de los tramos,

#### ii) METODO DE LA MEDIANERA

El otro método para la asignación de los caudales en los nudos consiste en la repartición del caudal por la mitad de ambos extremos de cada tramo. Para ello se calculará la longitud de todas las tuberías del circuito, el caudal unitario se determinará dividiendo el caudal de diseño entre la longitud total de tuberías, el caudal que se asigne a cada nudo será la mitad de la suma de las tuberías que lleguen a cada nudo multiplicado por el caudal unitario.



### e) CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS

Dentro de las características de las tuberías podemos citar la clase, el material y el diámetro

#### CLASE DE TUBERIA

La clase de tubería está definida por las máximas presiones de trabajo, la máxima presión a que estarán sometidas las tuberías será la presión estática mas la presión debida al golpe de ariete si este se generara. En toda tubería los costos están relacionados con los espesores de la pared de la tubería, grandes presiones inducirán a tener elementos de paredes gruesas obviamente más costosas. Siendo la tubería un elemento sujeto a soportar presiones internas (presiones hidrostáticas y presiones hidrodinámicas), resulta conveniente conocer y clasificar las distintas clases de tubería en función de esa presión de trabajo.

Se han establecido diferentes denominaciones para las clases de tubería en función de su presión de trabajo, así la ASTM (*American Society for Testing and Materials*); AWWA (*American Water Works Association*); la ISO (*International Organization for Standardization*), en el Perú están regidas por las normas de INTITEC, han establecido diferencias en tuberías de un mismo material, en función de su resistencia a los esfuerzos provocados por las presiones internas.

En la Tabla N° 10 CLASES DE TUBERÍA EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN NORMA ISO <sup>(12)</sup>, se indican los valores de presión interna que pueden soportar las diferentes clases de tuberías, estas presiones están expresadas en metros de altura de agua, atmósferas, Kg./cm<sup>2</sup> y lb./pulg<sup>2</sup> (psi) y bar.

TABLA N° 10  
CLASE DE TUBERIA EN FUNCION DE LA PRESION  
NORMAS ISO

CLASE	ALTURA DE AGUA m	ATMOSFERA	PRESION		
			lb./pulg <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	bar
5	50	5	71.5	5.0	5.0
7.5	75	7.5	107.3	7.5	7.5
10	100	10	143.0	10.0	10.0
15	150	15	214.5	15.0	15.0
20	200	20	286.0	20.0	20.0
25	250	25	357.5	25.0	25.0

FUENTE: MANUAL NICOLL ETERPLAST S.A



Se hace notar que los costos de tubería de un mismo material se incrementan en función de la clase, como consecuencia del mayor espesor, esto induce al proyectista a seleccionar cada clase, aprovechando al máximo su capacidad de trabajo y utilizando diversas clases cuando las condiciones de funcionamiento hidráulico del sistema de Abastecimiento de agua impongan presiones diferentes a lo largo del mismo. Es indudable que en algunos casos ameritan el estudio de varias alternativas para obtener el mejor alternativa y más económica.

### **MATERIAL DE LA TUBERIA**

De acuerdo al material empleado en su fabricación, las tuberías frecuentemente utilizadas para construcción de sistemas de Abastecimiento de agua son de fierro fundido, fierro galvanizado, acero, Policloruro de Vinilo, concreto

El material seleccionado para las tuberías del Proyecto fue plástico, por sus características de peso, estabilidad a la corrosión, bajo costo. Las tuberías de material plástico se fabrican mediante la plastificación de polímeros, siendo el Cloruro de Poli Vinilo en forma granular, la materia prima utilizada para la fabricación de la tubería conocida como P.V.C. Existen otras tuberías plásticas que deben su nombre a la materia prima utilizada, como ABS (Acrilonitrilo-butadieno, estireno) y la P.E. (Polietileno).

La característica mas importante de la tubería de PVC es su peso que es considerable menor que otro tipo de tubería (fierro fundido, acero galvanizado, concreto), lo cual reduce grandemente los costos de transporte e instalación. Esta consideración es importante cuando las condiciones de acceso son difíciles imponiendo sobre costos al transporte e instalación.

En general la tubería de PVC tiene poca resistencia relativa a impactos, esfuerzos externos y aplastamiento, por lo cual es más conveniente que vaya enterrada en zanjas con una profundidad mínima de 1m sobre la corona de la tubería. Es un material inerte a la corrosión, por lo cual su utilización no se ve afectada por la calidad del agua. Ofrece ventajas en cuanto a la capacidad de transporte de líquidos en base a su mayor

coeficiente de Hazen y Williams ( $C_{H\&W} = 140$ )

La TABLA N° 11 PESO EN KILOGRAMOS POR METRO DE TUBERIA <sup>(12)</sup>, indica los pesos unitarios en Kilogramos por diámetro y clase correspondiente

**TABLA N° 11  
PESO EN KILOGRAMOS POR METRO DE TUBERIA**

DIAMETRO NOMINAL mm	CLASE Kg/cm <sup>2</sup>			
	5,00	7,50	10,00	15,00
75	0,63	0,92	1,16	1,58
90	0,88	1,30	1,67	2,54
110	1,32	1,93	2,53	3,59
140	2,16	3,12	4,05	5,78
160	2,76	4,05	5,31	7,55
200	4,33	6,37	8,28	11,80
250	6,89	9,99	12,91	18,534

FUENTE: MANUAL NICOLL ETERPLAST S.A

## DIAMETROS

Para la determinación de los diámetros habrá que tomar en cuenta las diferentes posibles soluciones, estudiando diversas alternativas bajo el punto de vista económico.

La TABLA N° 12 DIAMETROS INTERIORES <sup>(12)</sup>, indica los diámetros interiores en milímetros, por diámetro (nominal) y clase correspondiente

**TABLA N° 12  
DIAMETRO INTERIORES**

DIAMETRO NOMINAL mm	DIAMETRO INTERIOR (mm)			
	CLASE 5	CLASE 7,5	CLASE 10	CLASE 15
75	71,20	69,40	67,80	64,40
90	85,60	83,40	81,40	77,40
110	104,60	102,00	99,40	94,60
140	133,00	129,80	126,60	120,40
160	152,20	148,40	144,60	137,60
200	190,20	185,40	180,80	172,00
250	237,8	231,8	226,2	215,0

FUENTE: MANUAL NICOLL ETERPLAST S.A

En el diseño de las tuberías de la red de distribución se dan una infinita gama de posibles combinaciones de diámetros, al respecto el Reglamento Nacional de Construcción establece un diámetro mínimo y especifica lo siguiente:



**“El diámetro mínimo será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial”**

También establece que la velocidad máxima para tuberías de PVC será de 3 m/s.

#### 4.05.02 ELECCION DEL TIPO DE RED DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Las condiciones topográficas, el trazo urbanístico de la ciudad de La Unión, la ubicación de la fuente y la del reservorio respecto de la red de distribución, motivaron que la forma del tipo de red de suministro de agua para la ciudad, sea el sistema cerrado que se muestra en el PLANO N° 10 SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE. En el se aprecia que la red de distribución esta compuesta de 16 tuberías y 12 nudos, que conforman 5 circuitos, y a su vez cada circuito está compuesto de 4 tuberías

El CUADRO N° 28 COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS, detalla las tuberías componentes de cada circuito.

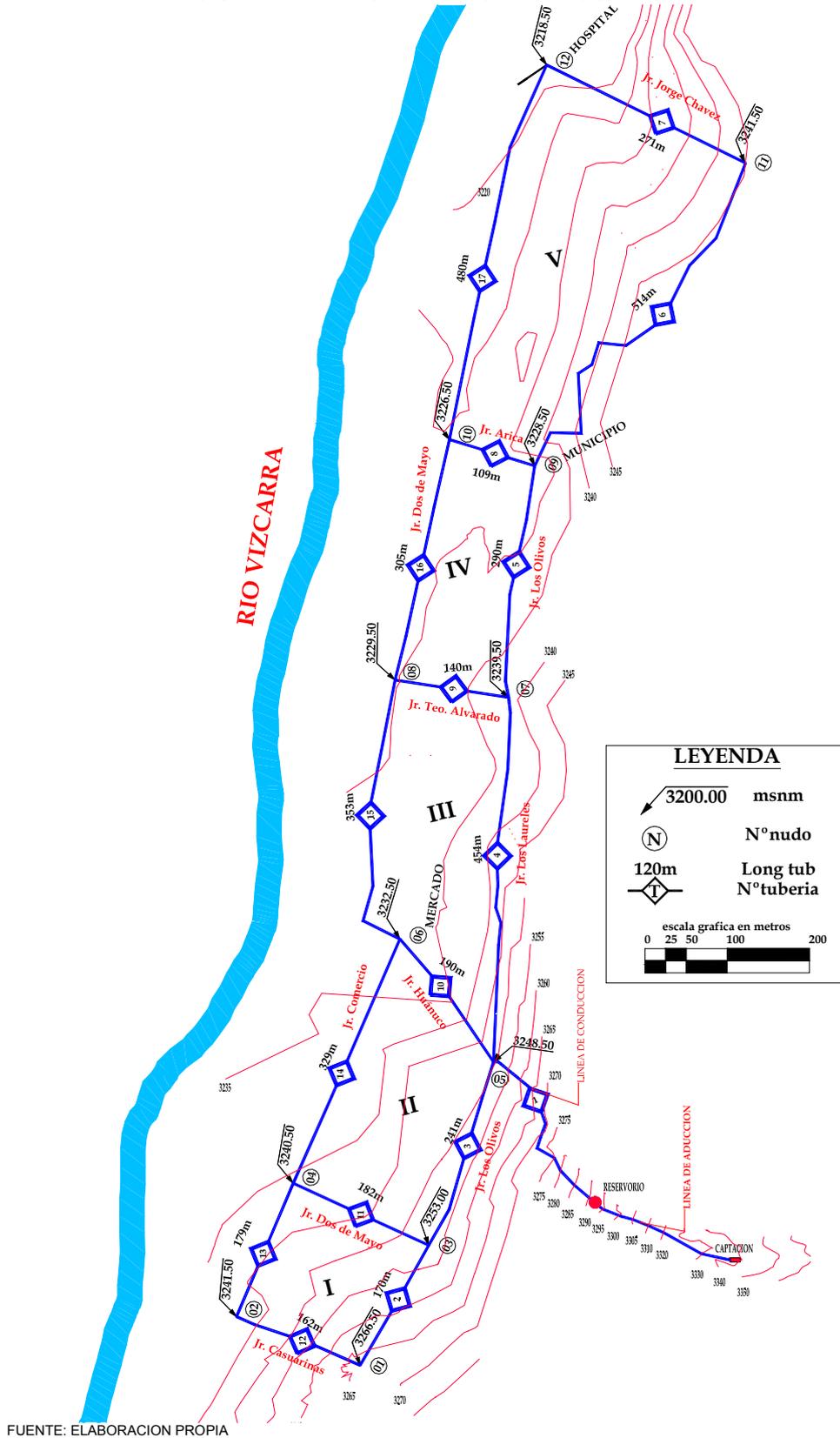
CUADRO N° 28  
COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS

CIRCUITO	NUDO		TUBERIA	LONGITUD m	UBICACIÓN
	DE	A			
I	1	2	12	162	Jr. Casuarinas
	2	4	13	179	Jr. Comercio
	4	3	11	182	Jr. Dos de Mayo
	3	1	2	170	Jr. Los Olivos
II	3	4	11	182	Jr. Dos de Mayo
	4	6	14	329	Jr. Comercio
	6	5	10	190	Jr. Huanuco
	5	3	3	241	Jr. Los Olivos
III	5	6	10	190	Jr. Huanuco
	6	8	15	353	Jr. Dos de Mayo
	8	7	9	140	Jr. T. Alvarado
	7	5	4	454	Jr. Los Olivos
IV	7	8	9	140	Jr. T. Alvarado
	8	10	16	305	Jr. Dos de Mayo
	10	9	8	109	Jr. Arica
	9	7	5	290	Jr. Los Olivos
V	9	10	8	109	Jr. T. Alvarado
	10	12	17	480	Jr. Dos de Mayo
	12	11	7	271	Jr. J Chávez
	11	9	6	514	Jr. Los Laureles

FUENTE: MANUAL NICOLL ETERPLAST S.A



PLANO N° 10  
SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE





#### 4.05.03 CAUDAL DE DISEÑO

En la ciudad de La Unión se han identificado edificios importantes por la función que desempeñan, el material que manejan, o el servicio que prestan; los cuales deberán protegerse del ataque de posibles incendios, es por este motivo que se definieron dos formas de operación del sistema de distribución:

- a) Sin Incendio
- b) Con incendio

Los edificios que deberán protegerse en caso de incendio son tres, esta el Hospital, el Local Municipal y el Mercado, por lo que se instalarán tres grifos contra incendio, el caudal de los grifos contra incendio será de 16l/s. De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción, solo se considerará la ocurrencia de dos incendios simultáneos, de lo que resultan cuatro combinaciones para el análisis del sistema de distribución expuesto a incendio:

- i) Incendio en Hospital y Local Municipal.
- ii) Incendio en Hospital y Mercado.
- iii) Incendio en Mercado y Local Municipal
- iv) Incendio en el Hospital

Habiéndose definido los caudales de la Fuente, de la Línea de Aducción y Conducción, y el caudal contra incendios se procedió a calcular el caudal de la Red de Distribución, para lo cual se aplicará el criterio del gasto coincidente, expuesto en el Reglamento Nacional de Construcción

i)	$Q_{\text{Max Horario}}$	22.875 l/s		
ii)	$Q_{\text{Max Diario}}$		11.895 l/s	
	$Q_{\text{Incendio}}$		<u>32.000 l/s</u>	
	$Q_{\text{Max Diario}} + Q_{\text{Incendio}}$	=	43.895 l/s	

De las dos alternativas se escogió la mayor, luego:

**Caudal de la Red de Distribución 43.895 l/s**

#### ASIGNACION DE CAUDALES

La asignación de los Caudales correspondientes al máximo diario en los nudos, se hizo mediante el uso del Método de las mediatrices

El cuadro N° 29 COTA Y CAUDALES EN LOS NUDOS, indica el área de influencia de cada nudo así como el caudal correspondiente al Caudal máximo diario.



**CUADRO N° 29  
COTA Y CAUDALES EN LOS NUDOS**

NUDO	AREA		CAUDAL l/s	COTA TOPOGRAFICA m	OBSERV
	Ha	%			
1	4,76	10,32	1,228	3266,50	COTA MAXIMA
2	2,43	5,27	0,627	3241,50	-
3	4,86	10,54	1,253	3253,00	-
4	4,51	9,78	1,163	3240,50	-
5	0,00	0,00	0,000	3248,50	-
6	4,93	10,68	1,270	3232,50	-
7	5,98	12,97	1,543	3239,50	-
8	3,34	7,24	0,861	3229,50	-
9	3,48	7,55	0,898	3228,50	-
10	4,50	9,76	1,161	3226,50	-
11	3,35	7,26	0,864	3241,50	-
12	3,98	8,63	1,027	3218,50	COTA MINIMA
<b>TOTAL</b>	<b>46,12</b>	<b>100,00</b>	<b>11,895</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El Cuadro N° 30 CAUDALES DE OPERACION, muestra las cinco posibles formas de operación de la demanda en los nudos, la columna sin incendio corresponde al caudal máximo diario más el caudal contra incendio, las demás columnas corresponden al caudal máximo diario, que en los nudos donde se localiza el incendio se le adicionado 16l/s.

**CUADRO N° 30  
CAUDALES DE OPERACIÓN**

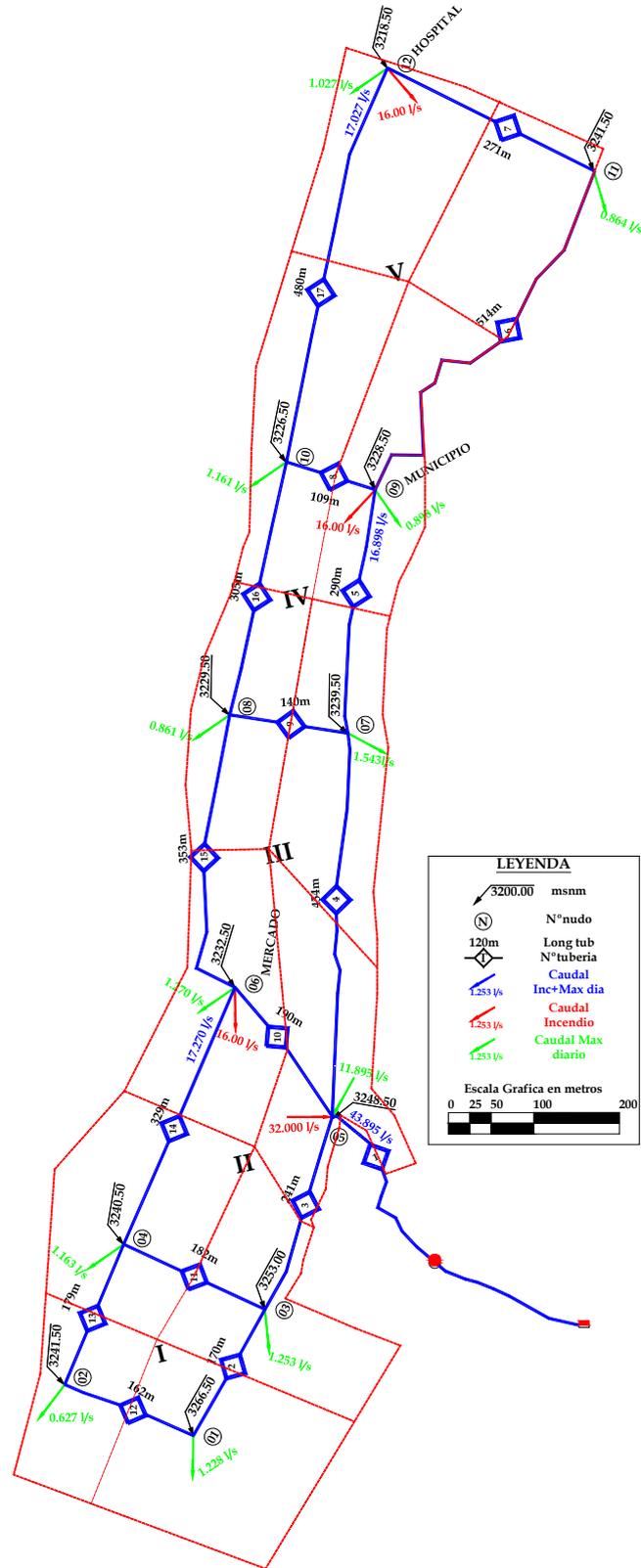
NUDO	SIN INCENDIO l/s	CON INCENDIO				OBSERVACIONES
		HOSPITAL MUNICIPIO l/s	HOSPITAL MERCADO l/s	MERCADO MUNICIPIO l/s	HOSPITAL HOSPITAL l/s	
1	4,532	1,228	1,228	1,228	1,228	-
2	2,314	0,627	0,627	0,627	0,627	-
3	4,624	1,253	1,253	1,253	1,253	-
4	4,292	1,163	1,163	1,163	1,163	-
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-
6	4,687	1,270	17,270	17,270	1,270	MERCADO
7	5,693	1,543	1,543	1,543	1,543	-
8	3,177	0,861	0,861	0,861	0,861	-
9	3,314	16,898	0,898	16,898	0,898	MUNICIPIO
10	4,284	1,161	1,161	1,161	1,161	-
11	3,188	0,864	0,864	0,864	0,864	-
12	3,790	17,027	17,027	1,027	33,027	HOSPITAL
<b>TOTAL</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>CAUDAL SISTEMA</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El PLANO N° 11 AREA DE INFLUENCIA Y CAUDALES DE NUDOS, muestra en detalle lo antes descrito.



PLANO N° 11  
AREA DE INFLUENCIA Y CAUDALES DE NUDOS



FUENTE: ELABORACION PROPIA



#### 4.05.04 DIAMETROS Y PRESIONES

Una vez establecida la forma de la red, y asignados los caudales correspondientes a cada nudo, se procedió a determinar el caudal que circula por cada tubería, las pérdidas de carga en cada tramo, así como las presiones en cada nudo.

Dado que la red esta constituida por cinco circuitos, el flujo de agua está controlado por las siguientes condiciones:

- 1) El sentido del desplazamiento del flujo será positivo si es en sentido horario y negativo si es anti horario.
- 2) La suma de los caudales alrededor de un nudo será igual a cero, considerando que los caudales que ingresan como positivos y los que salen negativos.
- 3) La suma de las pérdidas de carga en un circuito a lo largo de cualquier camino, es siempre nula.

Estas condiciones, junto con las relaciones de flujo y de pérdida de carga, nos conducen a sistemas de ecuaciones en los cuales, los caudales en cada tubería o las perdidas de carga en las mismas pueden ser tomadas como incógnitas. Si los caudales de cada tubería son tomadas como incógnitas, las ecuaciones serán de continuidad en cada nudo y de resistencia en cada circuito, y por el contrario si las pérdidas de carga son tomadas como incógnitas las ecuaciones que se utilizaran serán las de pérdidas producidas en cada circuito. En ambos casos el orden de las ecuaciones será el mismo que el de relación entre flujo y pérdida de carga. Ello implica la selección de un diámetro o de una combinación diámetros de tuberías, que nos conducen a infinitas soluciones pre establecidas,

#### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS DIAMETROS DE TUBERIAS

Varios métodos se han desarrollado para el pre dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de los sistemas de distribución, entre de ellos se encuentra el de A. Tong, V. Raman y S. Raman <sup>(9)</sup>, basados en el concepto de longitud equivalente de tubería, la ecuación (26), luego de algunas transformaciones se expresa como:



$$H = J \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.86}} L \quad (26)$$

Donde:

- H Es la pérdida de carga en metros
- Q Caudal en litros/segundo
- L Longitud de la tubería en metros
- Ø Diámetro interior en milímetros
- C Coeficiente de rugosidad interna
- J  $1.21202 \times 10^{10}$

En la ecuación (26), por el concepto de longitud equivalente de una tubería de diámetro de 100mm y un coeficiente de Hazen&Williams de 100, la pérdida de carga para la tubería de estas características se expresa:

$$H_i = J \frac{Q^{1.85}}{100^{1.85} 100^{4.86}} L_{e_i} \quad (27)$$

Si las pérdidas de carga son iguales:

$$L_i = \left(\frac{C}{100}\right)^{1.85} \left(\frac{\phi}{100}\right)^{4.86} L_{e_i} \quad (28)$$

Reemplazando en la ecuación (26)

$$L_{e_i} = 100^{6.72} \frac{H_i}{J Q_i^{1.85}} \quad (29)$$

A. Tong y colaboradores han observado que para una red de tuberías de dimensión única, la menor cantidad de tuberías corresponde al mínimo posible de longitud equivalente total de todas las tuberías de la red. Los autores han observado que esta condición ocurre cuando la suma algebraica de longitudes equivalentes de las tuberías en todas y cada uno de los circuitos de la red es igual a cero:

$$\sum L_e = 0 \quad (30)$$

De acuerdo a Tong, el factor de corrección del caudal es:

$$\Delta Q = \frac{\sum L_e}{1.85 \sum \frac{L_e}{Q}} \quad (31)$$

En la ecuación anterior el divisor es

$$\frac{L_{e_i}}{Q_i} = 100^{6.72} \frac{H_i}{J Q_i^{2.85}} \quad (32)$$

Reemplazando la Ecuación (29) y la Ecuación (32) en la Ecuación (31), el factor de corrección se calcula como:



$$\Delta Q_i = \frac{\sum \frac{H_i}{Q_i^{1.85}}}{1.85 \sum \frac{H_i}{Q_i^{2.85}}} \quad (33)$$

Las ecuaciones (30) y (33), deberán resolverse por iteraciones sucesivas, hasta que el balance se lleve a cabo. Después de este balance, el diámetro de la tubería se calcula:

$$\phi_i = \left( \frac{J L_i}{C_i^{1.85} Lr_i} \right)^{0.205} \quad (34)$$

Donde

$$Lr_i = \frac{H_i}{Q_i^{1.85}} \quad (35)$$

### COTA PIEZOMETRICA DEL NUDO DE ENTRADA

Para el uso del método de Tong es necesario conocer las pérdidas de carga de cada tramo de tubería, lo que nos lleva a pre dimensionar la cota piezométrica del nudo de entrada, de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción la presión mínima en cualquier nudo es de 15m, por lo tanto el nudo de entrada ( $C_E$ ) deberá tener una cota piezométrica mayor a la cota piezométrica máxima:

$$C_E > Cp_{\max} = Ct_{\max} + 15.00 = 3266.50 + 15 = 3281.50m$$

Un valor tentativo de cota piezométrica mínima del nudo de entrada se puede calcular a partir de la gradiente máxima (diferencia de la cota piezométrica del nudo de entrada y la mínima cota piezométrica de la red) que para el caso es

$$Cp_{\min} = Ct_{\min} + 15.00 = 3218.50 + 15 = 3233.50m$$

En el último intervalo en que se divide la gradiente máxima se deberá cumplir

$$Cp_e - \left( \frac{Cp_e - Cp_{\min}}{n} \right) > Cp_{\max} \quad (36)$$

Donde

- $Cp_e$  Cota piezométrica de entrada
- $Cp_{\min}$  Cota piezométrica mínima
- $Cp_{\max}$  Cota piezométrica máxima
- $n$  Intervalos en que se divide la gradiente máxima



Para nuestro caso la gradiente máxima la dividiremos en 10 intervalos, la cota piezométrica mínima es 3233.50m, y la cota piezométrica máxima es 3281.50m.

Reemplazando datos en la Ecuación (36)

$$Cp_5 - \left( \frac{Cp_5 - 3233.50}{10} \right) > 3281.50$$

Resolviendo:

$$Cp_5 > 3286.83m$$

Por lo que asignaremos un valor tentativo de cota piezométrica al nudo de entrada de:

$$Cp_5 = 3288.50m$$

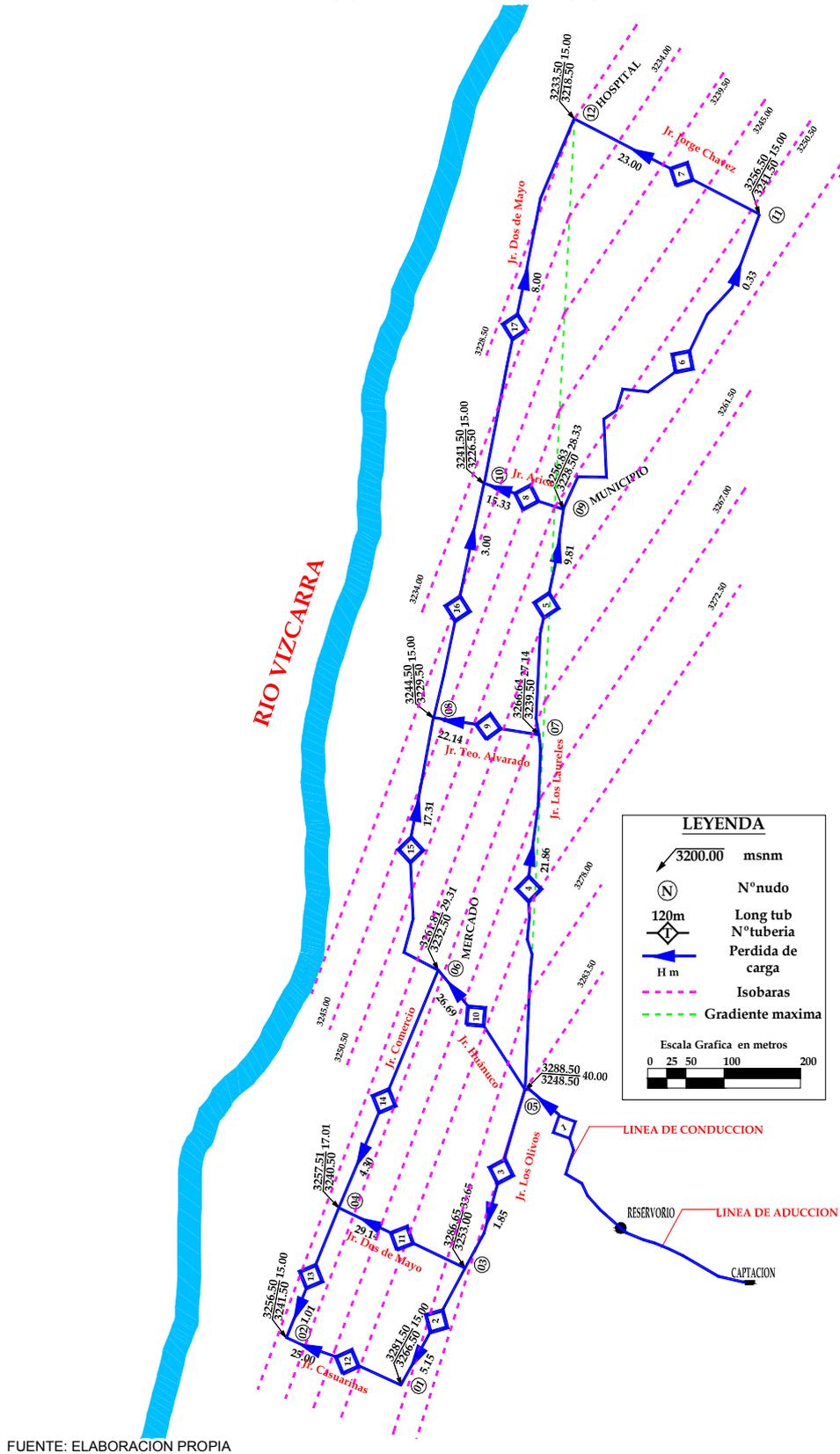
En el Plano N° 12 SUPERFICIE DE PRESION, se indica la cota topográfica, la longitud de las tuberías, la cota piezométrica del punto de entrada de agua a la red (3288.50m), La cota piezométrica mínima (3233.50m) que corresponde al nudo N° 12, así como los nudos donde se concentraran las tomas de agua en caso de incendio (Hospital, Municipio o Mercado), se trazo la línea de máxima gradiente hidráulica (línea que va del nudo de entrada al nudo N° 12 y cuya diferencia es de 55m), la gradiente máxima se dividió en 10 partes iguales que representan una perdida de carga de 5.5m, con estos datos se ha trazado las líneas de igual presión (isobaras), a partir de estos datos se procedió a calcular en forma grafica las cotas piezométricas de cada nudo para el uso del método de Tong.

Cabe anotar que la máxima carga estática ( $M_{ce}$ ) se calcula a partir de la diferencia que existe ente la cota piezométrica del nudo de entrada ( $C_{p5}$ ) y la cota topográfica mínima que para nuestro caso corresponde a la cota del nudo N° 12 ( $C_{T12}$ ), así tendremos:

$$M_{ce} = Cp_5 - C_{T12} = 3288.50 - 3218.50 = 70m$$

La clase de tubería a utilizarse deberá ser mayor al valor de la carga estática, por lo tanto las clases en las tuberías serán menores a la clase 7.5.

PLANO N° 12  
SUPERFICIE DE PRESION





El CUADRO N° 31 COTAS PIEZOMETRICAS METODO DE TONG muestra las cotas piezométricas calculadas gráficamente del sistema de distribución.

**CUADRO N° 31  
COTAS PIEZOMETRICAS METODO DE TONG**

NUDO	COTA TERRENO m	COTA PIEZOMETRICA m	CARGA m
1	3266,50	3281,50	15,00
2	3241,50	3256,50	15,00
3	3253,00	3286,65	33,65
4	3240,50	3257,51	17,01
5	3248,50	3288,50	40,00
6	3232,50	3261,81	29,31
7	3239,50	3266,64	27,14
8	3229,50	3244,50	15,00
9	3228,50	3256,83	28,33
10	3226,50	3241,50	15,00
11	3241,50	3256,50	15,00
12	3218,50	3233,50	15,00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El CUADRO N° 32 PERDIDAS DE CARGA PARA PREDIMENSIONAMIENTO, muestra las pérdidas de carga para cada tubería, y suman cero en cada circuito

**CUADRO N° 32  
PERDIDAS DE CARGA PARA PREDIMENSIONAMIENTO**

CIRCUITO	TUBERIA	NUDO		COTA PIEZOMETRICA m		PERDIDA DE CARGA m
		DE	A	DE	A	
I	2	3	1	3286,65	3281,50	5,15
	12	1	2	3281,50	3256,50	25,00
	13	2	4	3256,50	3257,51	-1,01
	11	4	3	3257,51	3286,65	-29,14
					$\Sigma$	0,00
II	3	5	3	3288,50	3286,65	1,85
	11	3	4	3286,65	3257,51	29,14
	14	4	6	3257,51	3261,81	-4,30
	10	6	5	3261,81	3288,50	-26,69
					$\Sigma$	0,00
III	4	7	5	3266,64	3288,50	-21,86
	10	5	6	3288,50	3261,81	26,69
	15	6	8	3261,81	3244,50	17,31
	9	8	7	3244,50	3266,64	-22,14
					$\Sigma$	0,00
IV	5	9	7	3256,83	3266,64	-9,81
	9	7	8	3266,64	3244,50	22,14
	16	8	10	3244,50	3241,50	3,00
	8	10	9	3241,50	3256,83	-15,33
					$\Sigma$	0,00
IV	6	11	9	3256,50	3256,83	-0,33
	8	9	10	3256,83	3241,50	15,33
	17	10	12	3241,50	3233,50	8,00
	7	12	11	3233,50	3256,50	-23,00
					$\Sigma$	0,00

FUENTE: ELABORACION PROPIA



## CALCULO DE LOS DIAMETROS POR EL METODO DE TONG

Conocidas las pérdidas de carga de cada tubería, procedemos a calcular los diámetros por el método de Tong, este cálculo será mediante iteraciones sucesivas, de tal manera que se cumpla la Ecuación N° 30, los datos iniciales para las iteraciones son los que se muestran en el CUADRO N° 33 DATOS INICIALES METODO DE TONG, en el se indican las longitudes, las perdidas de carga, y los caudales iniciales para cada iteración.

CUADRO N° 33  
DATOS INICIALES  
METODO DE TONG

TUB	L m	H m	CAUDALES INICIALES l/s				
			NORMAL	INCENDIO			
				HOMU	HOME	MEMU	HOHO
2	170	5,15	5,53	1,46	1,46	1,46	1,46
3	241	1,85	12,16	3,71	3,71	3,71	3,71
4	454	21,86	18,20	30,33	16,33	21,81	22,33
5	290	9,81	9,50	26,79	10,79	19,26	19,79
6	514	0,33	4,19	7,89	7,89	1,36	17,89
7	271	23,00	1,00	7,03	7,03	0,50	17,03
8	109	15,33	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00
9	140	22,14	3,00	2,00	4,00	1,00	1,00
10	190	26,69	13,54	9,85	23,85	18,38	17,85
11	182	29,14	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12	162	25,00	1,00	0,23	0,23	0,23	0,23
13	179	1,01	1,31	0,40	0,40	0,40	0,40
14	329	4,30	3,61	0,56	0,56	0,56	0,56
15	353	17,31	5,25	8,02	6,02	0,55	16,02
16	305	3,00	5,07	9,16	9,16	0,69	16,16
17	480	8,00	2,79	10,00	10,00	0,53	16,00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Después de haberse calculado las longitudes equivalentes para tuberías de diámetro igual a 100mm y un coeficiente de Hazen&Williams de 100, se aplica la Ecuación (34)

$$\phi_i = \left( \frac{J L_i}{C_i^{1.85} Lr_i} \right)^{0.205}$$

Por la Ecuación (35)

$$Lr_i = \frac{H_i}{Q_i^{1.85}}$$

Donde el valor del coeficiente de Hazen&Williams para nuestro caso es el de las tuberías de PVC igual a 140.



A continuación se presenta el CUADRO N° 34 RESUMEN DE DIAMETROS DE TONG con los valores de longitudes equivalentes, así como sus diámetros para los cinco casos de simulación, calculados por el método de Tong.

CUADRO N° 34  
LONGITUDES EQUIVALENTES Y DIAMETROS  
METODO DE TONG

TUB	L	NORMAL		INCENDIO							
				HOMU		HOME		MEMU		HOHO	
		Le m	Ø mm	Le m	Ø mm	Le m	Ø mm	Le m	Ø mm	Le m	Ø mm
2	170	379	74,6	4243	45,5	4242	45,5	4242	45,5	4242	45,5
3	241	30	134,6	337	82,1	337	82,2	337	82,2	337	82,1
4	454	192	105,0	80	125,6	241	100,2	172	107,5	108	118,3
5	290	256	90,2	53	124,5	255	90,3	97	110,3	110	107,4
6	514	34	153,2	32	155,3	27	161,0	385	93,4	11	192,2
7	271	13089	39,7	3088	53,4	2516	55,7	145872	24,2	949	68,0
8	109	5968	38,7	2945	44,7	2354	46,8	65675	23,6	910	56,9
9	140	5484	41,4	2896	47,2	2483	48,8	57347	25,6	988	58,9
10	190	1013	62,4	1478	57,7	201	87,0	279	81,3	595	69,6
11	182	6935	41,7	74919	25,6	74595	25,6	74615	25,6	74694	25,6
12	162	17735	33,6	197873	20,4	197789	20,4	197794	20,4	197815	20,4
13	179	11179	37,7	127196	22,9	127436	22,8	127422	22,8	127363	22,8
14	329	5953	48,6	73779	29,0	74731	28,9	74672	28,9	74436	28,9
15	353	4663	51,8	1499	65,4	2523	58,8	57239	31,0	500	81,9
16	305	740	73,3	102	110,1	126	105,5	8424	44,5	32	139,7
17	480	7155	50,5	175	108,3	190	106,5	80583	30,7	50	139,8

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ELECCION DEL DIAMETRO

Para la elección del diámetro se deberá considerar que la tubería cumpla con lo establecido en el Reglamento Nacional de Construcción (RNC) (diámetro mínimo de 75 mm para obras de abastecimiento para consumo humano).

Para nuestro caso tomaremos los diámetros del CATALOGO TECNICO DE SANEAMIENTO (catalogo NTP-ISO 4422), de la empresa Nicoll Eterplast (ver Tabla N° 12), considerando tubos de PVC de unión flexible (UF) de la clase 7.5 (la máxima carga estática es de 70 metros),

El CUADRO N° 35 DIAMETROS DE DISEÑO, muestra los diámetros de diseño de cada tramo en milímetros. En la elección del diámetro de las tuberías se considero como diámetro de diseño al diámetro máximo de las cinco formas de operación, o cuando el máximo calculado fue menor a lo establecido en el RNC se tomo como valor el mínimo el especificado en el mismo reglamento.



CUADRO N° 35  
DIAMETROS DE DISEÑO

TUB	DIAMETROS mm						
	NORMAL	INCENDIO				MAX	MERC
		HOMU	HOME	MEMU	HOHO		
2	74,62421	45,45328	45,45445	45,45437	45,45409	74,62	83,4
3	134,627	82,13484	82,15331	82,15217	82,14763	134,63	148,4
4	105,0011	125,6033	100,207	107,4561	118,2649	125,60	129,8
5	90,24468	124,5167	90,31412	110,2879	107,3693	124,52	129,8
6	153,2413	155,3055	160,9534	93,35868	192,18	192,18	231,8
7	39,69078	53,3929	55,6841	24,19356	68,02854	68,03	69,4
8	38,68142	44,7174	46,82435	23,6399	56,91339	56,91	69,4
9	41,43429	47,23789	48,75532	25,5891	58,91319	58,91	69,4
10	62,40408	57,7453	87,01893	81,29239	69,60737	87,02	102,0
11	41,67029	25,56323	25,58604	25,58465	25,57904	41,67	69,4
12	33,55217	20,4471	20,44888	20,44877	20,44833	33,55	69,4
13	37,65049	22,85253	22,84367	22,84421	22,84638	37,65	69,4
14	48,55589	28,95861	28,88246	28,88714	28,9059	48,56	69,4
15	51,79468	65,39004	58,75539	30,95211	81,90679	81,91	83,4
16	73,34626	110,0875	105,4801	44,51679	139,6617	139,66	148,4
17	50,52646	108,2974	106,47	30,73222	139,771	139,77	148,4

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### VERIFICACION DEL SISTEMA

Asignados los diámetros a cada tubería del sistema, procedemos a la verificación del mismo de acuerdo a lo siguiente:

- Calcular los caudales y pérdidas de carga de cada tramo de tubería.
- Verificar que las velocidades no excedan a la velocidad máxima especificada en el RNC, en los tramos que la velocidad exceda la del Reglamento variar el diámetro.
- Calcular las presiones de cada nudo, verificar que la presión en cada nudo sea mayor o igual a la especificada en el RNC que para el caso es de 15m. Si hubiesen nudos con presión menor a la del RNC, anotar la mínima de las presiones producidas
- Corregir las presiones en los nudos.

El proceso anterior se hará para las cinco formas de operación del sistema de distribución que se produzcan durante la vida útil del sistema.

En cualquier caso, para el cálculo los datos se pueden agrupar en dos rubros:

- Tuberías
- Nudos

### a) Tuberías

El CUADRO N° 36 CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS LOOP muestra los datos de las tuberías, que serán los mismos para todas las formas de operación.

**CUADRO N° 36  
CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS LOOP**

TUBERIA	DE NUDO	A NUDO	LONGITUD m	DIAMETRO mm	C <sub>H&amp;W</sub> p/s
2	3	1	170	83.4	140
3	5	3	241	148.4	140
4	5	7	454	129.8	140
5	7	9	290	129.8	140
6	9	11	514	231.8	140
7	11	12	271	83.4	140
8	9	10	109	69.4	140
9	7	8	140	69.4	140
10	5	6	190	102.0	140
11	3	4	182	69.4	140
12	1	2	162	69.4	140
13	2	4	179	69.4	140
14	4	6	329	69.4	140
15	6	8	353	83.4	140
16	8	10	305	148.4	140
17	10	12	480	148.4	140

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### b) Nudos

El CUADRO N° 37 COTA Y CAUDALES EN LOS NUDOS LOOP, consigna los datos de los nudos para todas las formas de operación.

**CUADRO N° 37  
COTA Y CAUDALES EN LOS NUDOS LOOP**

NUDO	COTA TOP	CAUDAL l/s				
		NORMAL	CON INCENDIO			
			HOSPITAL MUNICIPIO	HOSPITAL MERCADO	MERCADO MUNICIPIO	HOSPITAL HOSPITAL
1	3266,50	4,532	1,228	1,228	1,228	1,228
2	3241,50	2,314	0,627	0,627	0,627	0,627
3	3253,00	4,624	1,253	1,253	1,253	1,253
4	3240,50	4,292	1,163	1,163	1,163	1,163
5	3248,50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	3232,50	4,687	1,270	17,270	17,270	1,270
7	3239,50	5,693	1,543	1,543	1,543	1,543
8	3229,50	3,177	0,861	0,861	0,861	0,861
9	3228,50	3,314	16,898	0,898	16,898	0,898
10	3226,50	4,284	1,161	1,161	1,161	1,161
11	3241,50	3,188	0,864	0,864	0,864	0,864
12	3218,50	3,790	17,027	17,027	1,027	33,027
<b>TOTAL</b>		<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>	<b>43,895</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El CUADRO N° 38 NUDO DE ENTRADA indica el número de nudo así como la cota piezométrica del mismo, para el uso del Programa LOOP



**CUADRO N° 38  
NUDO DE ENTRADA**

NUDO	COTA PIEZOMETRICA m
5	3288.50

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Otros datos adicionales para el uso del programa LOOP, son los mostrados en el CUADRO N° 39:

**CUADRO N° 39  
NUMERO DE TUBERIAS Y NUDOS**

NUMERO DE TUBERIAS	16
NUMERO DE NUDOS	12
PEAK FACTOR	1

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Las soluciones que da el programa para las cinco formas de operación del sistema, se muestran en detalle en el Anexo I.

## RESUMEN DE LAS FORMAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

### RESUMEN DE TUBERIAS

El siguiente CUADRO N° 45 RESUMEN CARACTERISTICAS TUBERIAS, muestra en resumen para cada tubería datos como son caudal (Q), velocidad (V), y pérdida de carga por cada forma de operación, en la última fila se indican los máximos y mínimos de los valores correspondientes a cada columna.

**CUADRO N° 45  
RESUMEN CARACTERISTICAS TUBERIAS**

TUB	Q l/s					V m/s					H m				
	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO
2	6,056	2,615	3,376	3,313	2,681	1,11	0,48	0,62	0,61	0,49	2,743	0,580	0,931	0,899	0,607
3	14,513	6,115	7,996	7,838	6,281	0,84	0,35	0,46	0,45	0,36	1,184	0,239	0,393	0,379	0,251
4	18,211	27,930	18,495	19,294	27,111	1,38	2,11	1,40	1,46	2,05	6,514	14,369	6,703	7,248	13,599
5	9,624	21,295	11,948	14,320	18,436	0,73	1,61	0,90	1,08	1,39	1,279	5,557	1,908	2,667	4,256
6	4,784	4,734	6,558	0,738	10,728	0,11	0,11	0,16	0,02	0,25	0,037	0,036	0,066	0,001	0,164
7	1,596	3,870	5,694	1,602	9,864	0,29	0,71	1,04	0,29	1,81	0,371	1,909	3,902	0,374	10,781
8	1,526	0,337	4,492	1,839	6,810	0,40	0,09	1,19	0,49	1,80	0,336	0,021	2,476	0,475	5,347
9	2,893	5,092	5,004	3,430	7,132	0,76	1,35	1,32	0,91	1,89	1,409	4,011	3,884	1,931	7,481
10	11,171	9,849	17,404	16,763	10,503	1,37	1,21	2,13	2,05	1,29	3,569	2,828	8,107	7,563	3,185
11	3,833	2,248	3,366	3,272	2,347	1,01	0,59	0,89	0,87	0,62	3,084	1,149	2,425	2,301	1,244
12	1,524	1,387	2,148	2,085	1,453	0,40	0,37	0,57	0,55	0,38	0,498	0,418	0,940	0,890	0,456
13	0,789	0,760	1,521	1,458	0,826	0,21	0,20	0,40	0,39	0,22	0,163	0,152	0,549	0,507	0,177
14	1,248	1,844	3,725	3,567	2,010	0,33	0,49	0,98	0,94	0,53	0,699	1,440	5,285	4,879	1,688
15	5,236	10,424	3,859	3,060	11,243	0,96	1,91	0,71	0,56	2,06	4,352	15,553	2,474	1,611	17,890
16	4,952	14,655	8,002	5,630	17,514	0,29	0,85	0,46	0,33	1,01	0,205	1,525	0,498	0,260	2,121
17	2,194	13,157	11,333	2,629	23,163	0,13	0,76	0,66	0,15	1,34	0,072	1,966	1,492	0,100	5,598
MAX	18,211	27,930	18,495	19,294	27,111	1,38	2,11	2,13	2,05	2,06	6,514	15,553	8,107	7,563	17,890
MIN	0,789	0,337	1,521	0,738	0,826	0,11	0,09	0,16	0,02	0,22	0,037	0,021	0,066	0,001	0,164

FUENTE: ELABORACION PROPIA



En el cuadro anterior se muestra que para las cinco formas de operación:

- La velocidad máxima es de 2.13m/s y se presenta en la tubería 10 ( $\varnothing=102\text{mm}$ ), para incendios localizados en el Hospital y el Mercado.
- La velocidad mínima es de 0.02m/s y se presenta en la tubería 6 ( $\varnothing=231.8\text{mm}$ ), para incendios en el Mercado y el Local Municipal, cabe indicar que es la tubería que genera las menores pérdidas de carga ( $H<1\text{m}$ ), para todas las formas de operación
- La máxima pérdida de carga es de 17.890m y se produce en la tubería 15 ( $\varnothing=83.4\text{mm}$ ), cuando simulamos un incendio en el Hospital.
- Los máximos caudales para todas las formas de operación siempre se registran en la tubería 4 ( $\varnothing=129.8\text{mm}$ ),

De lo anterior se deduce:

**Los diámetros elegidos por el método de Tong, producen para las tuberías de PVC, velocidades menores durante la operación del sistema a lo establecido en el RNC.**

## RESUMEN DE NUDOS

El siguiente CUADRO N° 46 RESUMEN CARACTERISTICAS NUDOS, muestra en resumen para cada nudo datos como son la cota piezométrica, cota topográfica así como presión por cada forma de operación del sistema de distribución.

CUADRO N° 46  
RESUMEN CARACTERISTICAS NUDOS

NUDO	COTA PIEZOMETRICA					COTA TOPO	PRESION				
	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO		NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO
1	3284,574	3287,681	3287,177	3287,223	3287,641	3266,500	18,074	21,181	20,677	20,723	21,141
2	3284,075	3287,263	3286,236	3286,333	3287,185	3241,500	42,575	45,763	44,736	44,833	45,685
3	3287,316	3288,261	3288,107	3288,121	3288,249	3253,000	34,316	35,261	35,107	35,121	35,249
4	3284,233	3287,112	3285,683	3285,821	3287,005	3240,500	43,733	46,612	45,183	45,321	46,505
5	3288,500	3288,500	3288,500	3288,500	3288,500	3248,500	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
6	3284,930	3285,672	3280,393	3280,937	3285,315	3232,500	52,430	53,172	47,893	48,437	52,815
7	3281,986	3274,131	3281,797	3281,252	3274,901	3239,500	42,486	34,631	42,297	41,752	35,401
8	3280,577	3270,119	3277,913	3279,321	3267,419	3229,500	51,077	40,619	48,413	49,821	37,919
9	3280,708	3268,574	3279,889	3278,585	3270,645	3228,500	52,208	40,074	51,389	50,085	42,145
10	3280,372	3268,594	3277,413	3279,060	3265,297	3226,500	53,872	42,094	50,913	52,560	38,797
11	3280,671	3268,538	3279,823	3278,586	3270,480	3241,500	39,171	27,038	38,323	37,086	28,980
12	3280,300	3266,628	3275,922	3278,960	3259,699	3218,500	61,800	48,128	57,422	60,460	41,199

FUENTE: ELABORACION PROPIA



En el cuadro anterior se muestra que para las cinco formas de operación:

- La cota piezométrica del nudo de entrada (nudo 5) es mayor para todas las formas de operación del sistema de distribución.
- La máxima presión es de 61.80m y se produce en el nudo 12, cuando el sistema opera en un día normal.
- La mínima presión es de 18.074m se produce en el nudo 1, también cuando el sistema opera en un día normal.
- La presión mínima de las cinco formas de operación del sistema de distribución es mayor que la establecida en el RNC.

De lo anterior se deduce:

**Los diámetros elegidos por el método de Tong, producen en los nudos presiones mayores durante la operación del sistema de distribución a lo establecido en el RNC.**

Existen infinitas soluciones, la anterior es una solución obtenida a partir del método de Tong. Intercambiar la tubería 6 ( $\varnothing= 231.89$ ) por una de menor diámetro redundaría en una mejora, haría mas manejable la instalación, esta operación se puede realizar por tener la menor perdida de carga, el proceso inverso se da por ejemplo en la tubería 10 ( $\varnothing= 102$ ) , que es la que segunda en importancia siempre lleva caudales mayores a los 9l/s y genera grandes perdidas de carga las cuales varían entre los 2 y 8 metros, estas perdidas se pueden reducir si aumentamos el diámetro de la tubería.

Siguiendo las pautas anteriores se han modificado los diámetros calculados por el método de Tong, tratando de homogenizar los diámetros, disminuyendo de esta manera la cantidad de diámetros de seis a cuatro, el CUADRO N° 47 SOLUCION FINAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION, presenta los resultados arrojados por el Programa Water Cad, que muestra en resumen características como son caudal, velocidad y perdidas de carga, para las diferentes formas de operación del Sistema de Distribución de la ciudad de La Unión, el Anexo II muestra de manera gráfica la verificación de las cinco formas de operación del nuevo sistema de distribución.



**CUADRO N° 47**  
**SOLUCION FINAL DE LAS TUBERIAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION**

TUB	Ø mm	L m	Q					V					H				
			NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO
2	102	170	5,426	2,147	2,882	2,822	2,223	0,66	0,26	0,35	0,35	0,27	0,828	0,149	0,257	0,247	0,16
3	129,8	241	11,555	4,624	6,337	6,194	4,795	0,87	0,35	0,48	0,47	0,36	1,469	0,269	0,483	0,463	0,29
4	148,4	453	17,098	27,287	16,483	17,435	26,303	0,99	1,58	0,95	1,01	1,52	2,972	7,064	2,777	3,082	6,60
5	148,4	290	10,073	25,714	12,457	15,375	21,586	0,58	1,49	0,72	0,89	1,25	0,714	4,048	1,058	1,561	2,93
6	129,8	512	4,531	6,432	6,826	0,225	12,315	0,34	0,49	0,52	0,02	0,93	0,551	1,054	1,177	0,002	3,51
7	69,4	271	1,343	5,568	5,962	0,639	11,451	0,36	1,47	1,58	0,17	3,03	0,647	9,018	10,236	0,164	34,28
8	69,4	109	2,228	2,384	4,733	1,748	8,373	0,59	0,63	1,25	0,46	2,21	0,664	0,753	2,68	0,424	7,71
9	69,4	140	1,331	0,029	2,483	0,517	3,174	0,35	0,01	0,66	0,14	0,84	0,329	0,00	1,044	0,057	1,65
10	148,4	190	15,242	11,984	21,075	20,266	12,797	0,88	0,69	1,22	1,17	0,74	1,008	0,646	1,837	1,709	0,73
11	69,4	182	1,505	1,224	2,202	2,119	1,318	0,40	0,32	0,58	0,56	0,35	0,537	0,366	1,087	1,012	0,42
12	69,4	162	0,894	0,919	1,654	1,594	0,995	0,24	0,24	0,44	0,42	0,26	0,182	0,192	0,57	0,532	0,22
13	69,4	179	1,42	0,292	1,027	0,967	0,368	0,38	0,08	0,27	0,26	0,10	0,474	0,026	0,26	0,232	0,04
14	102	329	4,207	0,353	2,066	1,923	0,524	0,52	0,04	0,25	0,24	0,06	0,998	0,01	0,267	0,234	0,02
15	102	353	6,348	11,067	5,871	4,919	12,051	0,78	1,35	0,72	0,60	1,48	2,293	6,418	1,984	1,43	7,52
16	102	305	4,503	10,236	7,493	4,575	14,364	0,55	1,25	0,92	0,56	1,76	1,049	4,8	2,694	1,08	8,99
17	102	480	2,447	11,459	11,065	1,666	21,576	0,30	1,40	1,35	0,20	2,64	0,534	9,319	8,733	0,262	30,08

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Del cuadro anterior las velocidades para las cinco formas de operación son menores a los 3m/s especificados en el RNC, y para un día normal las velocidades son mayores a los 0.30m/s.

A continuación se presenta el CUADRO N° 48 SOLUCION FINAL DE LOS NUDOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION, con los resultados de cota piezométrica y presión en los nudos, para todas las formas de operación.

**CUADRO N° 48**  
**SOLUCION FINAL DE LOS NUDOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION**

NUDO	COTA PIEZOMETRICA					COTA TOPO	PRESION				
	NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO		NOR	HOMU	HOME	MEMU	HOHO
1	3.276,500	3.279,424	3.279,102	3.279,132	3.279,395	3.266,500	10,000	12,924	12,602	12,632	12,895
2	3.276,252	3.279,232	3.278,532	3.278,600	3.279,173	3.241,500	34,752	37,732	37,032	37,100	37,673
3	3.278,831	3.279,573	3.279,359	3.279,379	3.279,554	3.253,000	25,831	26,573	26,359	26,379	26,554
4	3.276,632	3.279,206	3.278,272	3.278,367	3.279,134	3.240,500	36,132	38,706	37,772	37,867	38,634
5	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.248,500	31,342	31,342	31,342	31,342	31,342
6	3.278,811	3.279,196	3.278,005	3.278,133	3.279,113	3.232,500	46,311	46,696	45,505	45,633	46,613
7	3.276,009	3.272,778	3.277,065	3.276,760	3.273,242	3.239,500	36,509	33,278	37,565	37,260	33,742
8	3.272,938	3.272,778	3.276,021	3.276,703	3.271,598	3.229,500	43,438	43,278	46,521	47,203	42,098
9	3.272,054	3.268,730	3.276,007	3.275,199	3.270,315	3.228,500	43,554	40,230	47,507	46,699	41,815
10	3.271,615	3.267,977	3.273,327	3.275,623	3.262,607	3.226,500	45,115	41,477	46,827	49,123	36,107
11	3.271,536	3.267,676	3.274,830	3.275,197	3.266,806	3.241,500	30,036	26,176	33,330	33,697	25,306
12	3.271,018	3.258,659	3.264,594	3.275,361	3.232,524	3.218,500	52,518	40,159	46,094	56,861	14,024
MAX	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.279,842	3.266,500	52,518	46,696	47,507	56,861	46,613
MIN	3.271,018	3.258,659	3.264,594	3.275,197	3.232,524	3.218,500	10,000	12,924	12,602	12,632	12,895

FUENTE: ELABORACION PROPIA



En el cuadro anterior se observa que la presión mínima para todas las formas es de 10m., y que se presenta en el nudo 1; se da por aceptada por ser considerado el punto como caso excepcional (el nudo 1 abastece al cementerio de la ciudad), y que la presión dinámica máxima para todos los casos es menor de 50m.

#### 4.05.05 DISEÑO DEL DIAMETRO DE LA LINEA DE CONDUCCION

El criterio utilizado para calcular el diámetro de la línea de conducción será el especificado en el RNC, que dice que las velocidades deberán ser menores a los 3m/s, así tendremos

$$V = \frac{Q}{A} < 3 \text{ m/s} \quad (37)$$

Reemplazando datos y haciendo algunas transformaciones

$$\frac{0.043895 \times 4}{3 \times \pi} < \phi^2, \text{ resolviendo } 136.490 \text{ mm} < \phi$$

De donde el diámetro elegido fue:

$$\phi = 148.4 \text{ mm}$$

#### 4.05.06 COTA DE RESERVORIO

Para pre dimensionar la cota del reservorio, trazaremos sobre el plano un punto ubicado entre la captación y el nudo de entrada, que tenga una cota mayor al nudo de entrada, ya que en la Ecuación (26)

$$H = 1.21202 \times 10^{10} \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.86}} L \quad (26)$$

Conocemos el diámetro de la línea de conducción (148.4mm), y el caudal de entrada (43.895l/s), así tendremos el punto R:

$$\text{Cota R} = 3282.000 \text{ m}, \text{ Longitud} = 188.00 \text{ m}$$

Reemplazando datos en la ecuación (26), la pérdida de carga

$$H = 1.21202 \times 10^{10} \frac{43.895^{1.85}}{140^{1.85} 148.4^{4.86}} 188$$



Resolviendo:

$$H = 7.458\text{m}$$

Entonces la cota pre dimensionada es:

$$\text{Cota}_{\text{reservorio}} = \text{Cota}_{\text{piezométrica nudo de entrada}} + \text{Pérdida de Carga}$$

$$\text{Cota}_{\text{reservorio}} = 3279.842 + 7.458 = 3287.300$$

Como las curvas de nivel están espaciadas a cada metro, tomamos la inmediata superior (3288.000), volviendo a trazar sobre el plano topográfico, la distancia para esta cota es de 193.00m.

Reemplazando datos en la ecuación (26)

$$H = 1.21202 \times 10^{10} \frac{43.895^{1.85}}{140^{1.85} 148.4^{4.86}} 193$$

Resolviendo la pérdida de carga:

$$H = 7.656\text{m}$$

Entonces la cota del nuevo reservorio será:

$$\text{Cota}_{\text{reservorio}} = 3279.842 + 7.656 = 3287.498 = 3287.500\text{m}$$

Por consiguiente la longitud de la línea de conducción será:

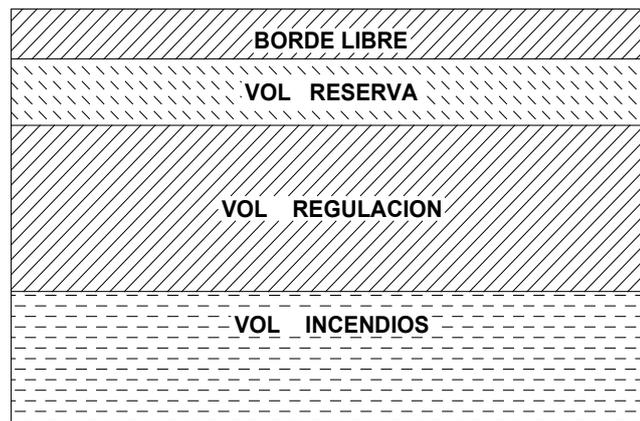
$$\text{Longitud}_{\text{línea de conducción}} = 193\text{m}$$

#### 4.06.0 RESERVORIO

Los reservorios tienen un papel importante en el diseño del Sistema de Distribución de Agua Potable, tanto desde el punto de vista económico, como por su importancia en el funcionamiento hidráulico del Sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente.

El volumen del reservorio está compuesto por el volumen de reserva, el volumen contra incendio, y el volumen de regulación, en la Figura N° 02 se muestra un esquema de los diversos volúmenes de los que está compuesto un reservorio cualquiera.

FIGURA N° 02  
**VOLUMEN DE RESERVORIO**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Un reservorio cumple tres propósitos fundamentales

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día. (**VOLUMEN DE REGULACION**)
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia en periodos de corta duración, tales como incendios (**VOLUMEN CONTRA INCENDIOS**), interrupciones por daños en la línea de aducción (**VOLUMEN DE RESERVA**).
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.

Complementariamente la cota de la superficie del agua deberá garantizar la presión mínima en la red.



#### 4.06.1 CONSIDERACIONES HIDRAULICAS DE DISEÑO DEL RESERVORIO

Estas consideraciones nos llevan a determinar los aspectos más importantes para el diseño de los reservorios, como:

1. Capacidad.
2. Ubicación.
3. Tipo de reservorio.

#### 4.06.2 CAPACIDAD DEL RESERVORIO

La capacidad del reservorio es función de varios factores a considerar:

- a) Volumen de regulación o Compensación de las variaciones horarias.
- b) Emergencias contra incendios
- c) Provisión de reserva para cubrir daños e interrupciones en el Sistema de Aducción
- d) Funcionamiento como parte del Sistema.

##### a) **VOLUMEN DE REGULACION**

El reservorio, como parte importante del Sistema, debe permitir que las demandas máximas de agua que se producen sean satisfechas a cabalidad, al igual que cualquier variación en los consumos horarios registrados para cualquier día del año. Por lo tanto, la capacidad requerida para compensar estas variaciones, esta basada en la curva representativa de las demandas horarias diarias y en la condición de que el agua que ingresa al reservorio, lo haga de forma que produzca el equilibrio entre los caudales de entrada y de salida, que garanticen un servicio continuo y eficiente.

Según el Reglamento Nacional de Construcción el volumen de regulación deberá calcularse de acuerdo al estudio del diagrama masa de las variaciones horarias de la demanda. También señala que cuando no exista información de los consumos horarios se deberá adoptar como volumen mínimo de regulación al 25% del consumo promedio anual de la demanda para 24 horas de funcionamiento, en función de la dotación (**D**)



y la población futura (**N**):.

$$V_{regulacion} = 0.25 D N \quad (37)$$

#### b) **VOLUMEN CONTRA INCENDIOS**

En general puede decirse que la forma más rápida y efectiva de combatir un incendio es mediante el uso del agua, resultando de esto la necesidad de considerar este factor en el diseño de algunos de los componentes del Sistema de Agua Potable, entre ellos el reservorio, de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve.

Algunos países, entre ellos Estados Unidos de Norteamérica, aplican normas que establecen cifras contra incendio que en nuestro país pueden considerarse excesivas, por las condiciones tan diferentes en los Sistemas organizativos, de administración de retribución de la inversión por parte del beneficiario, así como en función del tipo de edificación y viviendas, riesgo y ocurrencia de incendios. En el caso particular de los Estados Unidos, las autoridades locales de administración de los Sistemas de Abastecimiento y distribución de agua reciben los impuestos correspondientes de las Compañías de Seguros que operan en cada estado, por ser el Abastecimiento de Agua un factor básico en la protección contra incendios. A su vez las Compañías de Seguros, tratan de que los Sistemas de Abastecimiento sean diseñados y construidos considerando dotaciones que les permitan combatir los incendios en resguardo de sus propios intereses.

En nuestro país los Sistemas de Agua Potable son en su totalidad construidos por el Estado, y en gran parte tiene un fin primordialmente sanitario y social, y como tal, la inversión que se hace no produce utilidades. Por otra parte en la construcción de viviendas se hace poco uso de la madera, por lo cual la frecuencia de los incendios es muy baja. Adicionalmente a ello, en algunos casos el valor económico de las pérdidas que un desastre de este tipo ocasiona, no justifica la cuantiosa inversión en todo el Sistema de Abastecimiento de agua como previsión



contra incendio, ya que para atender esta demanda se necesitará incrementar la capacidad de las diferentes estructuras que la constituyen.

### c) **VOLUMEN DE RESERVA**

Ante la eventualidad de que en la captación o en la Línea de Aducción puedan ocurrir daños que originaría una situación deficitaria en el suministro de agua, y mientras se realizan operaciones de reparación o mantenimiento para el restablecimiento del servicio, es aconsejable un volumen de agua adicional que de oportunidad a restablecer la conducción hasta el reservorio. En tales casos puede estimarse un periodo de interrupción y un caudal para determinar esta capacidad.

En nuestro país se estima que el volumen de reserva debe ser justificado, existen diversos criterios para estimarlo, como:

- El volumen de reserva debe ser el 25% del volumen total
- El volumen de reserva debe ser el 33% de los volúmenes de regulación e incendio
- El volumen de reserva debe estimarse con un periodo de interrupción mayor a 2 horas y menor o igual que 4 horas y el caudal para la estimación de este volumen debe ser el caudal de consumo promedio anual de la demanda.

#### **4.06.3 UBICACIÓN DEL RESERVORIO**

La ubicación del reservorio está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener presiones dinámicas dentro de rangos que puedan garantizar para las condiciones más desfavorables, una mínima y una máxima, no superior a un determinado valor que haría impracticable su utilización en las instalaciones domiciliarias.

La mejor y más conveniente ubicación del reservorio por razones de operación para la ciudad de La Unión es la parte alta de la ciudad, indudablemente la captación ubicada sobre los 3340msnm, induce a colocar el reservorio en un punto intermedio entre el nudo de entrada y la captación, la cota del reservorio

en base a las consideraciones mencionadas y por lo establecido en el párrafo 4.05.06 es:

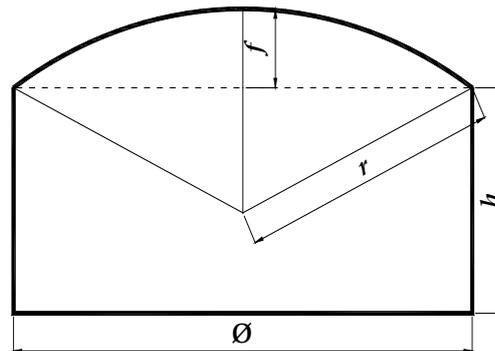
**Cota de Reservorio 3,287.50 msnm**

#### 4.06.4 TIPO DE RESERVORIO

Dado que la cota donde se ubicó el reservorio, está por encima de las viviendas de la ciudad, se eligió un reservorio apoyado directamente sobre el terreno, de forma circular con cubierta (cúpula) esférica y de concreto armado.

La Figura N° 03 muestra la geometría del reservorio.

**FIGURA N° 03  
GEOMETRIA DE UN RESERVORIO CIRCULAR**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### 4.06.5 CALCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO

##### a) Volumen de regulación

La Oficina de Servicios Municipales de Agua y Desagüe de la ciudad de La Unión no lleva registros de los consumos de agua potable de la ciudad, por lo que para la estimación del volumen de regulación se hizo de acuerdo a la Ecuación (37)

$$V_{regulacion} = 0.25 D N$$

Donde D es la Dotación igual a 120 l hab/día, N es el número de habitantes igual a 6,588

Reemplazando datos

$$V_{regulacion} = 0.25 \frac{120 \times 6,588}{1000} = 197.64 m^3$$

##### b) Volumen Contra incendio

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción la Ciudad de La Unión por



tener una población proyectada para el año 2025 de 6,588 habitantes menor a 10,000 habitantes, en el dimensionamiento del volumen del reservorio no se debería considerar demanda contra incendio. Pero, teniendo en cuenta que La Unión como capital Distrital y Provincial, tiene edificios importantes como el Hospital de La Unión (los otros hospitales mas cercanos quedan en Huaraz o Huánuco), el local de la Municipalidad Provincial, el Mercado Provincial etc., se hace necesario considerar el volumen contra incendio.

Para el cálculo del volumen contra incendio se consideró dos Hidrantes, funcionando dos horas, con un caudal de 16 l/s cada uno.

$$V_{\text{incendio}} = \frac{2 \times 2 \times 16 \times 3600}{1000} = 230.40 m^3$$

### c) Volumen de Reserva

Para la estimación del volumen de reserva se hará uso de las consideraciones sobre volumen de reserva

i) Volumen de reserva 1

$$V_{\text{reserva}} = \frac{(197.64 + 230.40)}{3} = 142.68 m^3$$

ii) Volumen de reserva 2

$$V_{\text{reserva}} = \frac{4 \times 120 \times 6,588}{24 \times 1000} = 131.76 m^3$$

De las dos alternativas la primera alternativa es la más crítica, luego volumen de reserva:

$$V_{\text{reserva}} = 142.68 m^3$$

### 4.06.6 VOLUMEN DEL RESERVORIO

El volumen teórico del reservorio es la suma de los volúmenes de regulación, incendio y reserva

$$V_{\text{reservorio}} = V_{\text{regulacion}} + V_{\text{incendio}} + V_{\text{reserva}} = 197.64 + 230.40 + 142.68 = 570.72 m^3$$

En salvaguarda de posibles errores que se hubiesen cometido durante el cálculo, se definió:

**Capacidad del Reservorio 600 m<sup>3</sup>.**



#### 4.06.7 COSTO DE RESERVORIO

De acuerdo a la Figura N° 04, la geometría del reservorio la definen el diámetro, la altura y la flecha del reservorio, si fijamos la capacidad del reservorio, las variables como la flecha, la altura y el radio de la cúpula serán función del diámetro, las ecuaciones que relacionan estas variables son:

$$V_r = \frac{\pi \phi^2 h}{4} \quad (39)$$

$$h = \frac{4V_r}{\pi \phi^2} \quad (40)$$

$$r = \frac{\phi^2 + 4f^2}{8f} \quad (41)$$

Donde la flecha <sup>(11)</sup> se debe tomar igual a:

$$0.10 \phi \leq f \leq 0.25 \phi \quad (42)$$

Definida la geometría, la pregunta es ¿cuanto cuesta?; ¿Hay un costo mínimo para este tipo de estructuras?, obviamente lo hay, y de haberlo ¿Cuáles son los valores de diámetro y altura que lo hacen mínimo?

Así los costos de los materiales como son concreto, encofrado, acero, se podrán calcular si conocemos el diámetro, en adelante cuando nos refiramos al diámetro del reservorio nos estaremos refiriendo al diámetro interno del reservorio. Tomando en consideración lo dicho, podemos evaluar los costos de concreto, acero y encofrados si conocemos el volumen y el diámetro del reservorio.

El costo del reservorio será la suma del costo del concreto armado y del área de encofrado, para efectos de evaluación el espesor ( $e$ ) de la pared del reservorio será de 0.25 m y el espesor de la cúpula ( $e_c$ ) 0.05 m, los costos de la caseta de válvulas, accesorios se han considerado como el 5% del costo de la estructura. El área de encofrado y del volumen de concreto son



### AREA DE ENCOFRADO

$A_1 = \pi \phi h$	Área pared interior
$A_1 = \pi(\phi + e)h$	Área pared exterior
$A_1 = 2\pi r f$	Área cúpula
$A_T = 2\pi r f + \pi(\phi + e)h + \pi\phi h$	Área total

### VOLUMEN DE CONCRETO

$V_p = \frac{\pi h(e^2 + 2eh)}{4}$	Volumen de la pared
$V_c = 2\pi r f e_c$	Volumen de la cúpula
$V_T = \frac{\pi h(e^2 + 2eh)}{4} + 2\pi r f e_c$	Volumen total

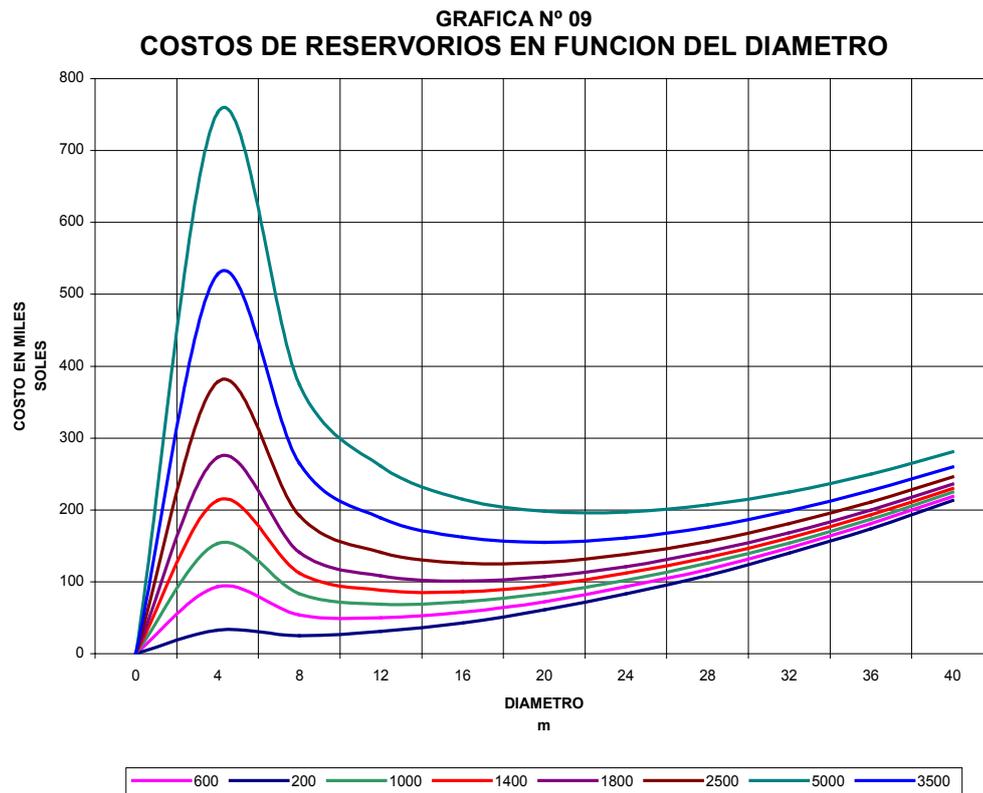
Con los valores del área y volumen total y con precios del año 2005 se elaboró el CUADRO N° 49 COSTO DE RESERVORIO, donde se indican diferentes costos para volúmenes determinados en función del diámetro

**CUADRO N° 49  
COSTO DE RESERVORIO  
Miles de soles**

VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	DIAMETRO (m)										
	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
<b>200</b>	0	33	25	31	43	61	83	109	140	174	213
<b>600</b>	0	93	54	50	58	72	93	117	147	181	219
<b>1000</b>	0	153	83	69	72	84	102	126	154	187	225
<b>1400</b>	0	213	112	88	86	95	112	134	161	193	230
<b>1800</b>	0	273	141	108	101	107	121	142	168	200	236
<b>2500</b>	0	378	192	141	126	127	138	156	181	211	246
<b>3500</b>	0	528	265	189	162	155	161	176	199	227	260
<b>5000</b>	0	753	374	261	215	198	197	207	225	250	281

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Con los valores del Cuadro anterior se ha trazado la Gráfica N° 09, que se muestra a continuación



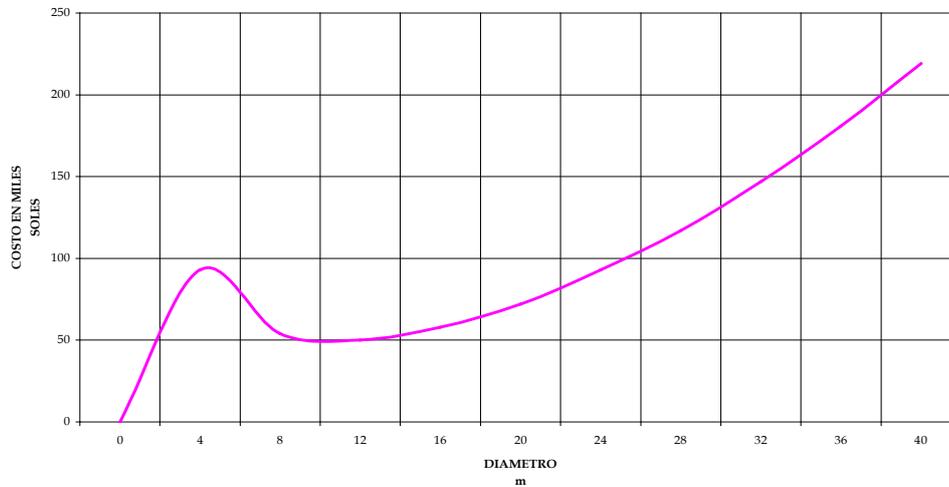
FUENTE: ELABORACION PROPIA

Al analizar la Gráfica N° 20, se encuentra que:

- Los costos son máximos cuando los diámetros son aproximadamente iguales a 4m.
- Los costos disminuyen a medida que crece el diámetro por encima de de los 4m, llegando a tener un costo mínimo, para luego aumentar a medida que el diámetro crece.
- Que para volúmenes mayores a 2,000 m<sup>3</sup>, tener diámetros menores a 6 metros encarecen el costo del Reservorio.

Para evaluar el costo de las partidas de concreto, acero y encofrados, para un reservorio de 600 m<sup>3</sup>, se trazó la Gráfica N° 10 COSTO DE RESERVORIO DE 600 m<sup>3</sup>, en función del diámetro De la grafica apreciamos que el costo mínimo se encuentra entre los diámetros 8 y 12 m, y que tomando como diámetro mínimo 10 m la altura del reservorio será 7.64 m, que resulta una altura considerable por el empuje a que estaría expuesto, por lo que consideraremos un valor a la derecha del mínimo igual a 13 m.

**GRAFICA N° 10  
COSTO DE RESERVORIO DE 600 m<sup>3</sup> VERSUS DIAMETRO**

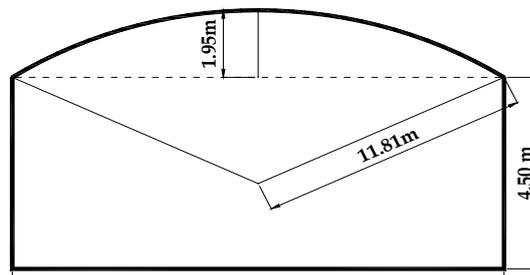


FUENTE: ELABORACION PROPIA

Las dimensiones del reservorio para un volumen de 600 m<sup>3</sup> son finalmente. (Ver Figura N° 04

<b>Diámetro del reservorio</b>	13.00 m
<b>Altura de la pared del Reservorio</b>	4.50 m
<b>Flecha de la Cúpula</b>	1.95 m
<b>Radio de la Cúpula</b>	11.81 m

**FIGURA N° 04  
DIMENSIONES DE RESERVORIO**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

En la elección de las dimensiones, hemos tenido en cuenta que grandes alturas exigirán paredes de mayores espesores por razones del empuje del agua.

Las consideraciones para el diseño estructural del reservorio se muestran en el anexo IV.



#### 4.06.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO <sup>(11)</sup>

Para el diseño estructural conocemos el radio y la altura del pelo de agua

$$\text{Radio} \quad r = 6.5m$$

$$\text{Altura} \quad h = 4.50m$$

#### CALCULO DEL ESPESOR DE LA PARED DEL RESERVORIO

El espesor de la pared del reservorio se calcula aplicando la Ecuación (49)

$$2 < \lambda < 4.6$$

El valor de  $\lambda$  esta dado por la Ecuación (46)

$$\lambda = 1.3 \frac{H}{\sqrt{r e}}$$

Reemplazando el valor de  $\lambda$  en la Ecuación anterior

$$2 < 1.3 \frac{h}{\sqrt{r e}} < 4.6, \quad \text{Reemplazando valores}$$

$$2 < \frac{1.3 \times 4.5}{\sqrt{6.5 \times e}} < 4.6$$

Resolviendo:

$$0.25m < e < 1.38m$$

Como el valor del espesor debe ser mayor a 25 cm, para el diseño tomaremos 30 cm como espesor de de la pared del reservorio.

#### CALCULO DEL DIAGRAMA DE PRESIONES

Reemplazando en la Ecuación (46)

$$\lambda = 1.3 \frac{h}{\sqrt{r e}} = 1.3 \frac{4.5}{\sqrt{6.5 \times 0.30}} = 4.19$$

La presión hidrostática en el fondo, Ecuación (48)

$$P = 1000 \times H = 1000 \times 4.5 = 4500 \text{ Kg}$$

Profundidad del punto de presión nula sobre el voladizo, Ecuación (50)

$$\tan\left(\lambda\left(1 - \frac{x}{h}\right)\right) = -\frac{\lambda}{1 - \lambda}$$

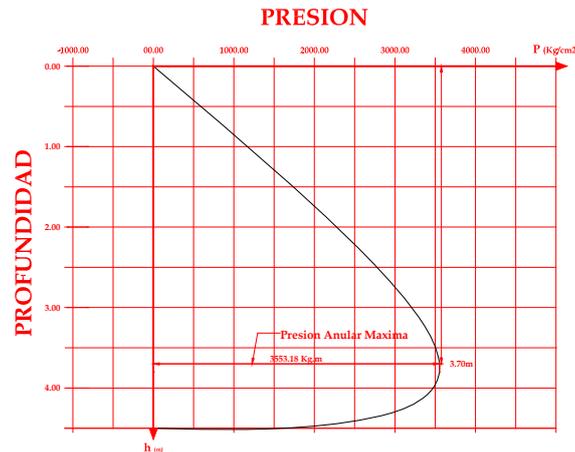
$$x = \left(1 + \frac{\arctg\left(\frac{4.19}{1 - 4.19}\right)}{4.19}\right) h$$

Resolviendo

$$x = 3.51m$$

Con los valores de presión calculados, se puede trazar la curva, obteniéndose así la aproximación suficiente de los valores de presión anular a lo largo de la pared del reservorio. (Figura N° 10)

**FIGURA N° 10  
DIAGRAMA DE PRESIONES**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Del gráfico anterior la máxima presión anular es

$$p_a = 3553.18 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Y actúa a una profundidad de 3.51 m

### CALCULO DEL DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

El momento máximo negativo se calcula por la Ecuación (51)

$$M_b = -0.288 \omega h r e \left( 1 - \frac{1}{\lambda} \right) = -0.288 \times 1000 \times 4.5 \times 6.5 \times 0.30 \left( 1 - \frac{1}{4.19} \right) = -1924.05 \text{ Kg.m}$$

Y la profundidad del punto de momento nulo se calcula por la Ecuación (53)

$$\tan\left(\lambda\left(1 - \frac{h}{x}\right)\right) = 1 - \frac{1}{\lambda}$$

Reemplazando datos

$$x = \left( 1 - \frac{\text{arc tg}\left(1 - \frac{1}{4.19}\right)}{4.19} \right) h = 3.80 \text{ m}$$

La profundidad del máximo momento positivo se calcula por la Ecuación (52)

$$\operatorname{tg}\left(\lambda\left(1-\frac{x}{\lambda}\right)\right)=2\lambda-1$$

Reemplazando datos

$$x=\left(1-\frac{\operatorname{arc\,tg}(2\lambda-1)}{\lambda}\right)h=2.95\text{ m}$$

El valor de momento máximo positivo se calcula por la Ecuación (54)

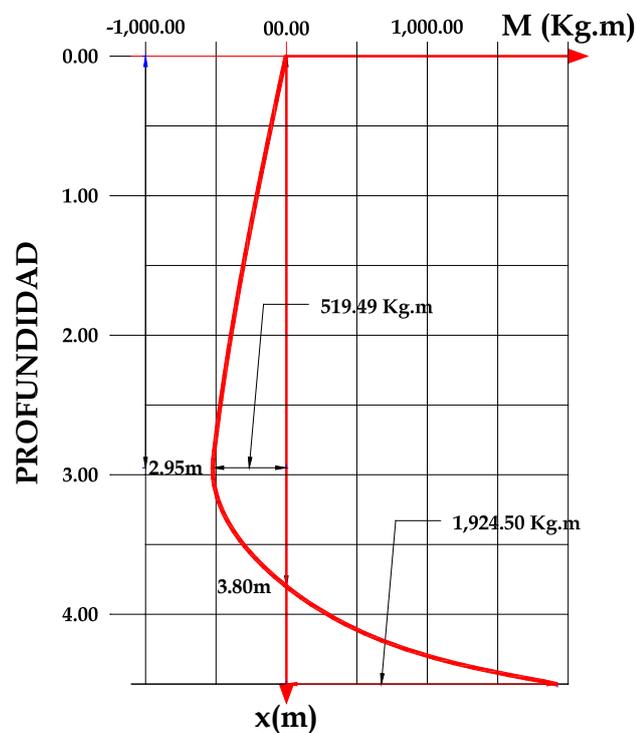
$$M_{+}=-0.27 M_b$$

Reemplazando datos

$$M_{+}=-0.27 \times 1924.05=519.49\text{ Kg.m}$$

Con los valores de los momentos, así como de sus ubicaciones, se traza el diagrama de momento flector

FIGURA N° 11  
DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

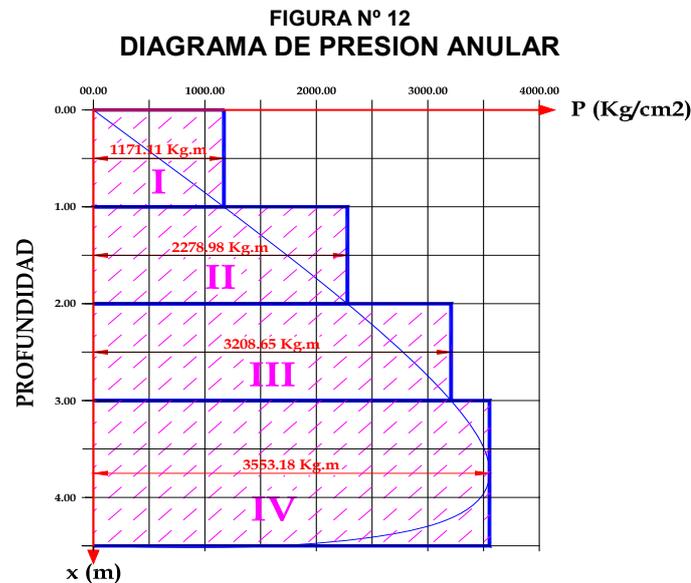


FUENTE: ELABORACION PROPIA

## CALCULO DE LA ARMADURA HORIZONTAL

Trazando el diagrama de las fuerzas de tracción (Figura N° 12)

$$T = p_a r h_i \quad (55)$$



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Y substituyendo este diagrama por el rectangular I,II,III,IV se obtendrá la armadura necesaria para  $f_s=1,000 \text{ Kg./cm}^2$ , ver CUADRO N° 50

**CUADRO N° 50**  
**ARMADURA HORIZONTAL**

ZONA	ALTURA m	PRESION ANULAR Kg./m <sup>2</sup>	FUERZA TRACCION Kg.	f <sub>s</sub>	AREA ACERO cm <sup>2</sup>	VARILLAS				AREA A <sub>s</sub> cm <sup>2</sup>
						DESCRIPCION		CANT	@ cm	
						∅	AREA cm <sup>2</sup>			
I	1	1171,11	7612,22	1000	7,61	1/2"	1,29	6	0,34	7,74
II	1	2278,98	14813,37	1000	14,81	1/2"	1,29	12	0,16	15,48
III	1	3208,65	20856,23	1000	20,86	1/2"	1,29	18	0,12	23,22
IV	1,5	3553,18	34643,51	1000	34,64	1/2"	1,29	28	0,10	36,12

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## CARACTERISTICAS DEL CONCRETO Y ACERO

CONCRETO  $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 $E_c = 217370.65 \text{ Kg/cm}^2$

ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$



### ESPESOR MINIMO DE LA PARED DEBIDA A LA PRESION ANULAR

La presión en la base es 4500 Kg/m<sup>2</sup>, el espesor mínimo necesario debe ser

$$e = \frac{\varpi H r}{10 f'_c} = \frac{1000 \times 4.5 \times 6.5}{10 \times 210} = 13.93 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \text{Espesor correcto}$$

### ARMADURA VERTICAL

La armadura vertical (**A<sub>s</sub>**) por metro de ancho en la base, será calculada por servicio, y esta dada por

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} \quad (56)$$

Donde

$$f_s = 0.40 f_y = 1680 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$
$$r = \frac{f_y}{f'_c} = 20 \quad k = \frac{n}{n+r} = \frac{20}{20+10} = 0.333$$
$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.33}{3} = 0.89$$

Reemplazando datos:

$$A_s = \frac{192405}{1680 \times 0.89 \times 20} = 6.43 \text{ cm}^2$$

Considerando varillas de 1/2" (**A<sub>s</sub>**=1.29 cm<sup>2</sup>), tenemos que el espaciamiento será cada 20 cm.

### VERIFICACION DE PERALTE

El peralte mínimo (**d**) de la pared del reservorio debido al momento flector será

$$d = \sqrt{\frac{2M}{f_c k j b}} \quad (57)$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 192405}{210 \times 0.33 \times 0.89 \times 100}} = 7.90 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \text{Correcto}$$

Los detalles del reservorio se muestran en el plano del reservorio del anexo II



#### 4.07.0 LINEA DE ADUCCION

De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de Abastecimiento, así como a la topografía de la zona de ubicación del Proyecto, fue considerada como:

##### Línea de Aducción por Gravedad

Para el mejor funcionamiento de la Línea de Aducción se requieren: desarenador, cajas de paso, llaves de paso, anclajes, etc., cada uno de estos elementos precisa de un diseño, acorde con las condiciones y características particulares.

#### 4.07.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LINEA DE ADUCCION

Para el diseño de la Línea de Aducción por gravedad se ha tenido en cuenta los siguientes criterios:

- i) Carga disponible o la diferencia de cotas
- ii) El Caudal que oferta el manantial de Marka Ragra.
- iii) La clase de tubería que soporte las presiones hidrostáticas.
- iv) El material de la tubería de acuerdo a las condiciones de trabajo.
- v) Los diámetros
- vi) Estructuras Complementarias que sean necesarias para el mejor funcionamiento.

##### i) CARGA DISPONIBLE

De acuerdo al PLANO N° 16 PERFIL LONGITUDINAL LINEA DE ADUCCION Y CONDUCCION, el nivel de la superficie de agua en la poza de salida de la captación es 3338.50msnm y el nivel del fondo del reservorio es 3287.50 msnm, la carga estática de agua se calcula:

Cota Nivel de Aguas Captación	3338.50msnm -
Cota Nivel fondo del Reservorio	3287.50msnm
Carga	<u>51.00m</u>



## ii) CAUDAL

En nuestro caso el caudal que soportará la Línea de Aducción, será el Caudal del manantial de Marka Ragra de 21.36 l/s. aforado en septiembre del 2005

## iii) CLASE DE TUBERIA

La marca de la clase de tubería esta indicada por la diferencia de cotas, para el caso de presiones estáticas, que para el caso es de 51m, y de acuerdo a la Tabla N° 10 deberemos escoger una tubería de clase 7.5.

## iv) MATERIAL DE LA TUBERIA

El material de la tubería de aducción será de PVC, y de acuerdo al RNC deberá conducir el agua a velocidades menores a los 3m/s

## v) DIAMETRO

Para el diseño del diámetro de la tubería de la línea de aducción, se usara el criterio expresado en el RNC, que indica que las velocidades en tuberías de PVC, serán menores a 3m/s, aplicando la Ecuación (37)

$$V = \frac{Q}{A} < 3 \text{ m/s}$$

Reemplazando datos y haciendo algunas transformaciones

$$\frac{0.02136 \times 4}{3 \times \pi} < \phi^2$$

Resolviendo:

$$95.213 \text{ mm} < \phi$$

De donde el diámetro elegido fue:

$$\phi = 102 \text{ mm}$$

Que de acuerdo a la Tabla N° 12, corresponde al diámetro nominal de 110mm, para una tubería de clase 7.5, con una velocidad de desplazamiento de 2.61m/s

Los detalles de la línea de aducción y de la línea de conducción se muestran en el PLANO N° 16 PERFIL LONGITUDINAL LINEA DE ADUCCION Y CONDUCCION



#### 4.08.0 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

En el diseño de la Línea de Aducción del Sistema de Agua Potable se consideró al desarenador como estructura complementaria

#### 4.08.1 DESARENADOR

La Línea de Aducción por ser de PVC, necesita de una estructura que retenga las partículas de arena y piedras que en época de lluvia arrastra (ver 3.02.0), para protegerla de la erosión a que estaría expuesta.

Un desarenador es una estructura que permite obtener una disminución de la velocidad de desplazamiento de la corriente de agua, por el ensanchamiento de la sección transversal (principio de continuidad), logrando en esta forma que la velocidad de sedimentación sea mayor que la velocidad de desplazamiento, logrando de esta forma la decantación de las de las partículas. Ello será por lo tanto función del tamaño, peso, forma de la partícula y de la viscosidad del agua. Los desarenadores generalmente son pozas de flujo horizontal, manteniendo el caudal de salida igual al de entrada, es decir de flujo continuo. Por razones de costo y simplificación del tratamiento posterior, los tamaños de las partículas de arena ( $S= 2.65$ ) se tomaran dentro de ciertos limites.

Las consideraciones necesarias para el diseño hidráulico del desarenador se indican en el anexo III.

#### 4.08.2 DISEÑO HIDRAULICO DEL DESARENADOR <sup>(1)</sup>

Los parámetros para el diseño del desarenador fueron las siguientes características:

<b>TEMPERATURA</b>	10 °C
<b>CAUDAL DE DISEÑO</b>	21.36 l/s
<b>PESO ESPECIFICO RELATIVO</b>	2.65
<b>DIAMETRO PARTICULA</b>	0.02 cm.
<b>VISCOCIDAD CINEMATICA (10°C)</b>	1.308x10 <sup>-2</sup> cm <sup>2</sup> /seg.
<b>GRAVEDAD</b>	980 cm/seg <sup>2</sup>



## DISEÑO DE LA ZONA DE SEDIMENTACION

El diseño de las dimensiones de la zona de sedimentación se inicia con el cálculo de la velocidad vertical

Aplicando la Ecuación (59)

$$V_v = \sqrt{\frac{4g(S-1)\phi}{3C_d}}$$

Reemplazando valores

$$V_v = \sqrt{\frac{4 \times 980(2.65-1) \times 0.02}{3C_d}} = \sqrt{\frac{43.12}{C_d}} \quad \text{(a)}$$

El valor del coeficiente  $C_d$  viene dado por la Ecuación (60)

$$C_d = \frac{24}{\Re} \quad \Re < 1 \quad \text{Flujo laminar}$$

$$C_d = \frac{24}{\Re} + \frac{3}{\sqrt{\Re}} + 0.34 \quad 1 \leq \Re \leq 10,000 \quad \text{Transición} \quad \text{(b)}$$

$$C_d = 0.40 \quad 10,000 < \Re \quad \text{Turbulento}$$

El número de Reynolds

$$\Re = \frac{V_v \phi}{\nu} = \frac{0.02 V_v}{1.308 \times 10^{-2}} = 1.529 V_v \quad \text{(c)}$$

Resolviendo el Sistema anterior

$$\Re = 3.298 \quad \text{Régimen de transición}$$

$$V_v = 2.16 \text{ cm/seg}$$

Calculada la velocidad de sedimentación, se determina las dimensiones en base a la velocidad de arrastre, la cual constituirá la velocidad máxima teórica que podría permitirse para la velocidad horizontal, la velocidad de arrastre está dada por la Ecuación (66)

$$V_a = 161\sqrt{\phi}$$

$$V_a = 161\sqrt{0.02}$$

$$V_a = 22.77 \text{ cm/seg}$$

Asumiendo un factor de seguridad de 0.5

$$V_h = 0.5V_a$$

$$V_h = 11.39 \text{ cm/seg}$$

Fijada la velocidad horizontal, podemos calcular la sección transversal por la Ecuación (63)



$$A_t = \frac{Q}{V_h}$$

$$A_t = \frac{0.02136}{0.114}$$

$$A_t = 0.187 m^2$$

Por la Ecuación (62) calculamos el área superficial

$$\frac{V_h}{V_v} = \frac{A_s}{A_t}$$

$$\frac{11.39}{2.16} = \frac{A_s}{0.187}$$

$$A_s = 0.988 m^2$$

Con los valores de las secciones antes calculadas procedemos a dimensionar la caja del desarenador, los valores del dimensionado se muestran en el CUADRO N° 51 DIMENSIONES ZONA DE SEDIMENTACION

CUADRO N° 51  
DIMENSIONES ZONA DE SEDIMENTACION

ANCHO (m) asumido (a)	LARGO (m) As/a (L)	PROFUNDIDAD (m) At/a (P)	RELACION  L/P
1	0.988	0.187	5,283
0,8	1.235	0.234	5,278
0,6	1.647	0.312	5,279

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Las dimensiones elegidas fueron:

<b>ANCHO</b>	1.00 m.
<b>LARGO</b>	1.30 m.
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.20 m.
<b>L/P</b>	6.50 Correcto

## DISEÑO DE LA ZONA DE ENTRADA

Con el ancho de la zona de sedimentación definido, se procedió al cálculo del dispositivo de entrada, como dispositivo de entrada se eligió un vertedero



rectangular de pared gruesa cuya Ecuación es

$$Q = 1.67bH^{3/2} \quad (67)$$

Donde H es la altura de carga sobre la cresta del vertedero y b el ancho del vertedero, que para el caso asumiremos como igual a 1m y el caudal igual a 21.36 l/s., reemplazando en la Ecuación (67)

$$0.02136 = 1.67H^{3/2} \quad H = 0.0547m = 5.47cm.$$

### DISEÑO DE LA ZONA DE SALIDA

Para el dispositivo de salida se eligió un vertedero rectangular con las mismas características que el vertedero de entrada.

### DISEÑO DE LA ZONA DE LODOS

Para evacuar los sedimentos de la zona de sedimentación la losa de fondo de la poza se partió a la mitad, dándose a cada lado una pendiente de 75%, haciéndose pasar por el centro un canal de sección semicircular con pendiente del 3%, para efectos de limpieza.



## 5.00.0 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

La ciudad de La Unión, cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario que recoge las descargas domésticas de la población, en los últimos años, debido al crecimiento de la ciudad ha incrementado su desarrollo (aumento de redes en la periferia); manteniendo el antiguo colector (50 años de antigüedad) a lo largo del Jirón Dos de Mayo, esto ha traído como consecuencia atoros, desbordes que en los meses de lluvia se hacen notorios, causando malestar entre la población, poniendo de esta manera en peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas, además de contaminar el ambiente circundante.

En este capítulo se desarrollará el mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de La Unión, comprenderá el Rediseño del Colector Principal, Emisor y la Planta de Tratamiento.

### 5.01.0 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

El cálculo hidráulico del mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de La Unión se basará en las siguientes consideraciones generales de diseño, contenidas en el Reglamento Nacional de Construcción.

1. **Tipo de alcantarillado**
2. **Periodo de diseño y longitud del alcantarillado**
3. **Componentes de las Aguas residuales**
4. **Asignación de Caudales y Caudal de diseño**
5. **Diseño Hidráulico**
6. **Condiciones de operación**
7. **Material de las tuberías**

#### 5.01.1 TIPO DE ALCANTARILLADO

El sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión, consiste en una serie de tuberías de diferentes diámetros y materiales (PVC, concreto y fierro fundido) y obras complementarias (buzones); necesarias para recibir así como evacuar las aguas residuales de la población, un porcentaje del agua producida por las



lluvias y el agua de la infiltración provocada por los altos niveles freáticos debidas malas conexiones o instalaciones, para su tratamiento y disposición final en la Planta de Tratamiento de desagüe.

Por las consideraciones anteriormente mencionadas, el sistema de desagüe de la ciudad de La Unión se definirá como:

## **SISTEMA DE DESAGUE SANITARIO**

### **5.01.2 PERIODO DE DISEÑO**

En el Capítulo II se definió el periodo de diseño:

**PERIODO DE DISEÑO = 20 AÑOS**

Y la longitud de la red de alcantarillado de la Ciudad de La Unión, de acuerdo a los planos es:

**LONGITUD DE ALCANTARILLADO = 9210m**

### **5.01.3 COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales del alcantarillado de la ciudad de La Unión, de acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior esta compuesta de:

- Aguas Residuales Domésticas
- Aguas de Precipitación
- Aguas de Infiltración

### **AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

Las aguas Residuales Domésticas son aquellas provenientes del abastecimiento de agua potable de la ciudad de La Unión, que ingresan al sistema de alcantarillado después de haber sido utilizadas en diferentes usos domésticos, el caudal producido por este tipo de agua se denominará **“Caudal de Contribución del Alcantarillado”**.

Ante la falta de información pertinente, se considerará que el caudal de aguas residuales que ingresa al sistema de alcantarillado será el 80% del caudal de agua potable consumido por la ciudad (RNC)

$$Q_S = 0.80 Q_{CONSUMIDO} \quad (68)$$



## AGUAS DE PRECIPITACION

Las aguas de precipitación son aguas producto de la escorrentía de los techos (por lo general de calamina) de las casas de la ciudad de La Unión que en época de lluvia, se descargan al sistema de alcantarillado, a este caudal lo denominaremos **“Caudal de Precipitación”**.

Este caudal dependerá de la intensidad y duración de la lluvia, área contribuyente de los techos y del coeficiente de escorrentía, que a su vez dependerá del material utilizado en los techos. Para el cálculo de este caudal, se hará uso de la ecuación del método racional, aplicable a áreas de drenaje menores de 13 Km<sup>2</sup>. (RNC)

$$Q_p = C_f C I A \quad (69)$$

Donde  $c_f$  es el coeficiente de frecuencia igual a 1 (Para periodos de retorno de 2 a 10 años),  $c$  es el Coeficiente de escorrentía,  $I$  es la Intensidad de precipitación,  $A$  es el área de drenaje.

## AGUAS DE INFILTRACION

Las aguas de infiltración son aguas subterráneas provenientes de las precipitaciones, riego de jardines, etc., que se infiltra y acumula en el subsuelo, la zona del subsuelo donde se acumula esta limitada en su parte superior por una superficie denominada nivel freático.

Cuando el nivel freático se encuentra por encima de las tuberías una parte del agua subterránea ingresa al sistema de alcantarillado a través de las juntas de las tuberías y empalmes, a este caudal lo denominaremos **“Caudal de Infiltración”**, y dependerá de las condiciones locales como son: nivel del acuífero, tipo de suelo, material de la tubería, tipo de junta utilizada. El Reglamento Nacional de Construcción especifica que su contribución oscila en el rango de:

$$0.00005 < I < 0.001 \frac{l}{s m} \quad (70)$$



#### 5.01.4 ASIGNACION DE CAUDALES Y CAUDAL DE DISEÑO

Para la asignación de caudales y el cálculo del caudal de diseño, se tomarán las siguientes consideraciones:

##### ASIGNACION DE CAUDALES

Por las características propias de la ciudad de La Unión, el método de cálculo a utilizar en el dimensionamiento de los caudales de diseño de las tuberías del Colector Dos de Mayo y del Emisor del Sistema de Alcantarillado será el:

##### METODO DEL COLECTOR CONTRIBUYENTE

##### CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño para las tuberías de alcantarillado de acuerdo al método del colector contribuyente estará dado por la siguiente ecuación:

$$Q_D = \left( \frac{Q_S + Q_P}{L} + I \right) L_i \quad (71)$$

Donde  $Q_D$  es el caudal de diseño por unidad de longitud,  $Q_S$  es el caudal de aguas residuales domésticas,  $Q_P$  es el caudal de precipitación,  $I$  el caudal de infiltración también por unidad de longitud,  $L$  es la suma de las longitudes del sistema, y  $L_i$  es la longitud del tramo.

En todo caso el caudal de diseño no deberá ser menor de 1.5l/s, condición especificada en el Reglamento Nacional de Construcción, entonces:

$$\text{Si } Q_D < 1.5 \frac{l}{s} \quad \therefore \quad Q_D = 1.5 \frac{l}{s} \quad (72)$$

#### 5.01.5 DISEÑO HIDRAULICO

En el diseño hidráulico del colector principal y del emisor de la ciudad de La Unión, se utilizará los criterios para conductos cerrados que trabajan como canal, para el cálculo de las velocidades, caudales y pendientes se usará la ecuación de Manning, y las derivadas a partir de la misma.



La ecuación de Manning para el cálculo de la velocidad esta dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (73)$$

Por ecuación de continuidad  $Q = A.V$  ; luego:

$$Q = A \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (74)$$

De la Ecuación (71), obtenemos la ecuación de la pendiente:

$$S = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \quad (75)$$

Donde  $v$  = Velocidad media en m/s,  $r$  = Radio medio hidráulico en metros (AREA/PERIMETRO),  $s$  = Pendiente de la tubería, y  $n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning que para el caso nuestro, admitiremos de valor constante.

La TABLA N° 14 COEFICIENTE DE MANNING indica algunos valores de  $n$  para diferentes clases de material de tuberías. <sup>(6)</sup>

TABLA N° 14  
COEFICIENTE DE MANNING ( $n$ )

MATERIAL	COEFICIENTE
CONCRETO LISO	0,010
CONCRETO NORMAL	0,013
PVC	0,010
ARCILLA VITRIFICADA	0,010
FIERRO FUNDIDO	0,013

FUENTE: REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

### 5.01.6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

El proyecto deberá garantizar velocidades de funcionamiento que no produzcan sedimentación en el fondo de las tuberías, que ocasionarían costos elevados de limpieza y mantenimiento antes de alcanzar los caudales finales de funcionamiento.



En el otro extremo el proyecto deberá garantizar que el agua residual doméstica, que además de conducir heces y desechos orgánicos conducirá arena, no tenga velocidades que produzcan erosión en las tuberías (debido al alto poder abrasivo de la arena) y acorte el periodo de vida útil del sistema de alcantarillado.

De acuerdo a lo anteriormente dicho y en concordancia con el Reglamento Nacional de Construcción definiremos:

- Velocidad Mínima
- Velocidad Máxima.

### **Velocidad Mínima**

Es la velocidad de flujo en las tuberías de alcantarillado, necesaria para evitar que las partículas de arena suspendidas en las aguas residuales domésticas se sedimenten.

El Reglamento Nacional de Construcción establece que las tuberías de los alcantarillados sanitarios se diseñaran con una velocidad mínima de 0.60 m/s.

Teniendo en cuenta que las aguas del sistema de alcantarillado de la ciudad de La Unión además de las aguas residuales, transportará arena arrastrada en el agua producto de la escorrentía de los techos de las casas durante la época de lluvias, consideraremos una velocidad mayor a la prevista en el Reglamento Nacional de Construcción que asegure el transporte de la misma.

Como velocidad mínima de diseño de las tuberías del colector y emisor de la ciudad de La Unión se asumirá:

$$\text{VELOCIDAD MINIMA} = \quad \mathbf{0.90 \text{ m/s}}$$

### **Velocidad Máxima**

Es la velocidad que pueden alcanzar las aguas residuales domésticas en los colectores de alcantarillado con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión.

La velocidad máxima es función del material del que están hechas las tuberías y no debe de exceder los valores indicados en la TABLA N° 15 VELOCIDADES MÁXIMAS a fin de no causar erosión de las paredes de las tuberías.



**TABLA N° 15  
VELOCIDADES MAXIMAS**

MATERIAL	VELOCIDAD m/s
ASBESTO CEMENTO	3,00
HIERRO DUCTIL	3.00
PVC	3,00
POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	3.00
ARCILLA VITRIFICADA	5,00
CONCRETO ARMADO:	
140 Kg/cm <sup>2</sup>	2.00
210 Kg/cm <sup>2</sup>	3.30
250 Kg/cm <sup>2</sup>	4.00
280 Kg/cm <sup>2</sup>	4.30
315 Kg/cm <sup>2</sup>	5.00
CONCRETO CURADO AL VAPOR > 280 Kg/cm <sup>2</sup>	6.60

FUENTE: REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

### 5.01.7 MATERIAL DE LA TUBERIA

El material de las tuberías a utilizar en el diseño del Colector Principal y del Emisor del sistema de alcantarillado será de Policloruro de Vinilo (PVC), de unión flexible (UF), sujetas a las siguientes consideraciones de diseño:

- Coeficiente de rugosidad de valor constante = 0.010
- Velocidad máxima para evitar erosión = 3.00m/s
- Velocidad Mínima para evitar sedimentación = 0.90m/s

### 5.02.0 COLECTOR PRINCIPAL

El objetivo del Colector Principal (Colector Dos de Mayo), es recolectar las aguas servidas de la ciudad de La Unión producto del uso domestico, las aguas de infiltración debidas al alto nivel freático que ingresan al sistema (malas juntas, alto nivel freático, defectos del material) y parte de la escorrentía superficial producida por la lluvia.

### 5.02.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

De acuerdo al tamaño, forma, topografía, ubicación y disposición de la red de alcantarillado, se establecieron las condiciones de diseño del Colector Principal (colector Dos de Mayo) y del emisor del sistema de desagüe de la ciudad de La Unión.



- a) Tipo de Alcantarillado
- b) Diámetros mínimos
- c) Pendientes
- d) Buzones y obras Accesorias
- e) Consideraciones constructivas

**a) TIPO DE ALCANTARILLADO**

La disposición del actual sistema de alcantarillado de la ciudad de La Unión (ver PLANO N° 08), permite que el Colector Principal que discurre a lo largo del Jirón Dos de Mayo, recoja las aguas residuales de uso doméstico, una parte del agua de lluvias y el agua de infiltración de la red de alcantarillado, transportándolas a través del Emisor a la Planta de Tratamiento de aguas servidas ubicada a 500m aguas abajo de la intersección de las calles Jorge Chávez y Dos de Mayo.

Por la forma de funcionamiento, definimos al sistema de desagüe de la ciudad de La Unión como.

**SISTEMA PERPENDICULAR CON INTERCEPTOR**

**b) DIAMETROS MINIMOS**

Los Diámetros mínimos de las alcantarillas o colectores no estarán dictados por requerimiento hidráulico, si no para evitar la obstrucción, facilitar la limpieza y mantenimiento de las mismas. Según el Reglamento Nacional de Construcción las tuberías del colector serán diseñadas para la conducción de caudal máximo con una altura de flujo del  $\frac{3}{4}$  del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo en ningún caso trabajaran a presión.

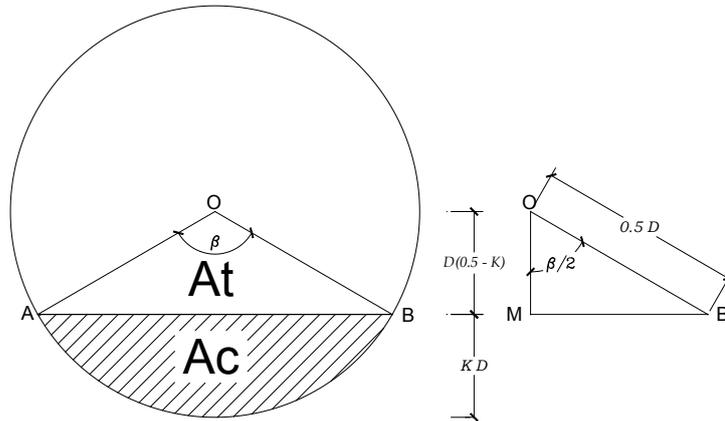
Por lo expuesto en el párrafo anterior, en el diseño del interceptor y del emisor del sistema de alcantarillado de la ciudad de La Unión se tomarán las siguientes consideraciones:

- Que la tubería del Colector Dos de Mayo por el servicio y forma de operación (colector interceptor) deberá trabajar en su capacidad máxima de servicio a  $\frac{2}{3}$  de diámetro.
- Que la tubería del emisor que descarga a la planta de tratamiento las aguas residuales del sistema trabaje a  $\frac{3}{4}$  del diámetro.
- El diámetro mínimo de diseño será de 150mm.

## FORMULA DE MANNING PARA UN CANAL CIRCULAR

La FIGURA N° 14, muestra las relaciones geométricas existentes en un canal circular.

FIGURA N° 14  
GEOMETRIA DE UN CANAL CIRCULAR



La velocidad de acuerdo a la Ecuación (73) esta dada por:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{\eta} = \left( \frac{A_c}{P} \right)^{2/3} \frac{S^{1/2}}{\eta} \quad (76)$$

Donde  $A_c$  es el área del canal,  $P$  perímetro mojado del canal,  $S$  es la pendiente del canal, y  $\eta$  el coeficiente de Manning, de la figura anterior el área del canal ( $A_c$ ) esta dada por:

$$A_c = A_s - A_t$$

De la FIGURA N° 14  $A_s$  es el área del sector circular  $OAB$ ,  $A_t$  es el área del triángulo  $OAB$ ,

$$A_s = \frac{\beta D^2}{8} \quad \text{y} \quad A_t = \frac{D^2 \text{SENO} \beta}{8}$$

Luego el área del canal de forma circular es:

$$A_c = \frac{\beta D^2}{8} - \frac{D^2 \text{SENO} \beta}{8} \quad (77)$$



En la FIGURA N° 14 el perímetro del canal circular es el arco AB

$$P = \frac{\beta D}{2} \quad (78)$$

Reemplazando valores en la Ecuación (76), la velocidad en un canal de forma circular esta dada por:

$$V = \frac{D^{2/3}}{2^{4/3}} \left( \frac{\beta - \text{SENO}\beta}{\beta} \right)^{2/3} \frac{\sqrt{S}}{\eta} \quad (79)$$

Para el cálculo del caudal aplicaremos la Ecuación (74)

$$Q = A \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Reemplazando la Ecuación (77) y la Ecuación (79) en la Ecuación (74)

$$Q = \frac{D^{8/3}}{2^{13/3}} \frac{(\beta - \text{SENO}\beta)^{5/3}}{\beta^{2/3}} \frac{\sqrt{S}}{\eta} \quad (80)$$

De acuerdo a la FIGURA N° 14 (triángulo OMB), el coseno del ángulo  $\beta$ , esta dado por:

$$\text{COS}\left(\frac{\beta}{2}\right) = (1 - 2Y/D) \quad (81)$$

Despejando el tirante (Y)

$$Y = \left( \frac{1 - \text{COS}\left(\frac{\beta}{2}\right)}{2} \right) D \quad (82)$$



## DISEÑO HIDRAULICO DEL INTERCEPTOR

En el diseño hidráulico del interceptor la relación (**K**) existente entre el tirante máximo y el diámetro de la tubería es 2/3, luego el ángulo central es:

$$\beta = 2ACOS(1 - 2x2/3) = 3.821266rad$$

Reemplazando este valor en la Ecuación (80) y operando, el diámetro teórico del interceptor esta dado por:

$$D = \left( \frac{Q \eta}{0.24432\sqrt{S}} \right)^{3/8} \quad (83)$$

## DISEÑO HIDRAULICO EMISOR

En el caso del diseño hidráulico del emisor la relación (**K**) especificada entre el tirante máximo y el diámetro de la tubería es 3/4, luego el ángulo central es:

$$\beta = 2ACOS(1 - 2x2/3) = 4.18879rad$$

Reemplazando este valor en la Ecuación (80) y operando, el diámetro teórico del emisor esta dado por:

$$D = \left( \frac{Q \eta}{0.28421\sqrt{S}} \right)^{3/8} \quad (84)$$

### c) PENDIENTES

El sistema de alcantarillado de la ciudad de La Unión, además de arena, transportará diferentes tipos de sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho).

En el diseño se seleccionarán pendientes que no ocasionen la sedimentación en las tuberías, por el contrario grandes pendientes producirán altas velocidades, nocivas para las tuberías del emisor ya que ocasionarán el desgaste de las paredes de las tuberías debido a la erosión por la acción abrasiva de la arena contenida en las aguas residuales de uso domestico, y a la vez los sobre costos de excavación debido a una profundización del emisor.

De acuerdo a lo dicho anteriormente definiremos:



- Pendiente mínima.
- Pendiente máxima.

### PENDIENTE MINIMA

En el diseño del colector principal y del emisor de la ciudad de La Unión, la pendiente mínima deberá considerar la velocidad mínima de funcionamiento especificada en el párrafo 5.01.6 de 0.90m/s, en la Ecuación (79)

$$V = \frac{D^{2/3}}{2^{4/3}} \left( \frac{\beta - \text{SENO}\beta}{\beta} \right)^{2/3} \frac{\sqrt{S}}{\eta}$$

La velocidad es 0.90, el material es PVC ( $\eta = 0.010$ ), el valor del ángulo  $\beta$  para el caso del colector es el 3.821266rad y en caso del emisor es 4.18879rad, reemplazando valores, haciendo operaciones y despejando la pendiente en función del diámetro:

Pendiente mínima colector en función del diámetro:

$$S = \frac{4.1981 \times 10^{-4}}{D^{4/3}} \quad (85)$$

Pendiente mínima emisor en función del diámetro:

$$S = \frac{4.0032 \times 10^{-4}}{D^{4/3}} \quad (86)$$

### PENDIENTE MAXIMA DEL EMISOR

A fin de evitar la erosión de las tuberías por transporte de materiales abrasivos como la arena, el Reglamento Nacional de Construcción indica que la velocidad máxima para tuberías de PVC será de 3m/s.

Reemplazando este valor en la Ecuación (79), para las mismas condiciones de funcionamiento a 2/3 y 3/4 de diámetro tendremos:

Pendiente máxima colector en función del diámetro:

$$S = \frac{4.6645 \times 10^{-3}}{D^{4/3}} \quad (87)$$

Pendiente máxima emisor en función del diámetro:

$$S = \frac{4.4480 \times 10^{-3}}{D^{4/3}} \quad (88)$$

La TABLA N° 16 PENDIENTE MAXIMAS Y MINIMAS indica las pendientes y caudales máximos y mínimos para tuberías con  $\eta = 0.010$ , funcionando a 2/3 y 3/4 de diámetro

TABLE N° 16  
PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS  
 $\eta = 0.010$

DIAMETRO m	VELOCIDAD MAXIMA 3m/s				VELOCIDAD MINIMA 0,60m/s			
	FUNCIONAMIENTO				FUNCIONAMIENTO			
	2Ø/3		3Ø/4		2Ø/3		3Ø/4	
	S %	Q l/s	S %	Q l/s	S %	Q l/s	S %	Q l/s
0,10	10,049	16,686	9,583	18,956	0,402	3,337	0,383	3,791
0,15	5,853	37,545	5,581	42,650	0,234	7,509	0,223	8,529
0,20	3,988	66,746	3,803	75,822	0,160	13,349	0,152	15,163
0,25	2,962	104,290	2,824	118,473	0,118	20,858	0,113	23,693
0,30	2,323	150,178	2,215	170,601	0,093	30,036	0,089	34,118
0,35	1,891	204,409	1,803	232,206	0,076	40,882	0,072	46,438
0,40	1,583	266,984	1,509	303,290	0,063	53,397	0,060	60,654
0,50	1,175	417,162	1,121	473,891	0,047	83,432	0,045	94,771

FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### d) OBRAS ACCESORIAS

En este rubro se ubican las siguientes estructuras:

- Buzones
- Conexiones Domiciliarias.

#### BUZONES

Como parte del mejoramiento del sistema de alcantarillado de la ciudad de La Unión, para el diseño de los buzones se consideraron:

- Buzones del Interceptor
- Buzones del Emisor

#### BUZONES DEL INTERCEPTOR

Los buzones de concreto existentes a lo largo del interceptor tienen una antigüedad de mas de 50 años, presentan fisuras, graves rajaduras, estas deficiencias dejan escapar las aguas residuales, contaminando el medio



circundante, propiciando de esta manera la aparición de roedores, enfermedades infecciosas gastro intestinales.

Es debido a estos motivos que en el diseño del Interceptor se considero reponer los antiguos buzones existentes, por nuevos buzones de concreto.

### **BUZONES DEL EMISOR**

La ciudad de La Unión no cuenta con un emisor que descargue sus aguas residuales de uso domestico a una planta de tratamiento de desagües, es por este motivo y de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción en el emisor se colocaran buzones si se produjeran:

- Empalmes de colectores
- Cambios de dirección.
- Cambios de pendiente
- Cambios de diámetro.
- Cambios de material de la tubería

En el diseño del Emisor se colocaran de ser necesarios:

- Buzones de inspección
- Buzones de caída

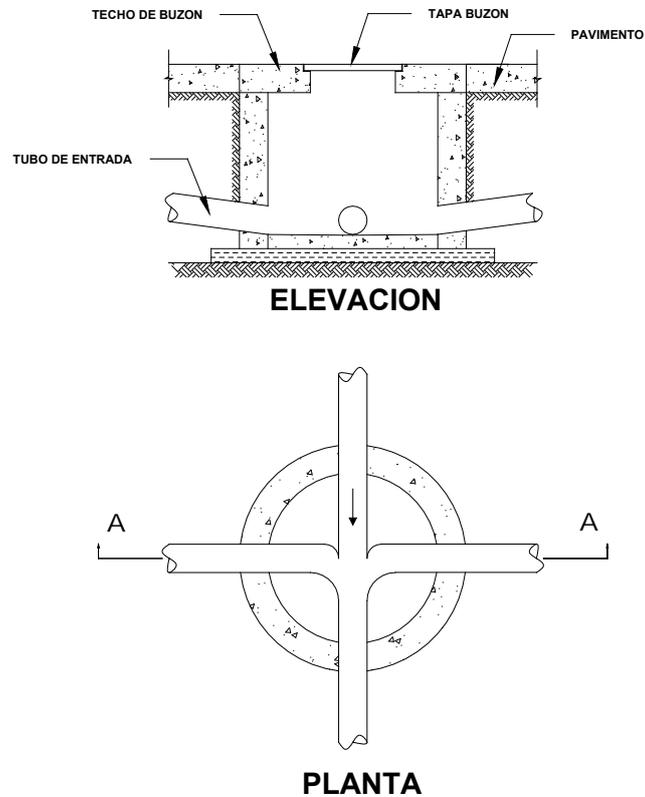
### **BUZONES DE INSPECCION**

Los buzones de inspección serán estructuras por lo general de concreto simple, que permitan el acceso a las tuberías para su inspección, mantenimiento y limpieza. Los buzones de inspección serán construidos en obra. El techo del buzón será una losa removible de concreto armado la cual llevara una abertura de acceso de 0.60 m de diámetro.

En el fondo de los buzones se diseñaran medias cañas en dirección del flujo, con una pendiente mínima del 25% entre el borde de la media caña y las paredes laterales de la cámara.

La FIGURA N° 15, muestra el detalle de este tipo de estructura

**FIGURA N° 15  
DETALLE DE BUZON DE VISITA**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

El CUADRO N° 52 ESPACIAMIENTO ENTRE BUZONES indica la distancia máxima entre buzones, que debe de existir de acuerdo al diámetro de la tubería, contenida en el Reglamento Nacional de Construcción.

**CUADRO N° 52  
ESPACIAMIENTO MAXIMO ENTRE BUZONES**

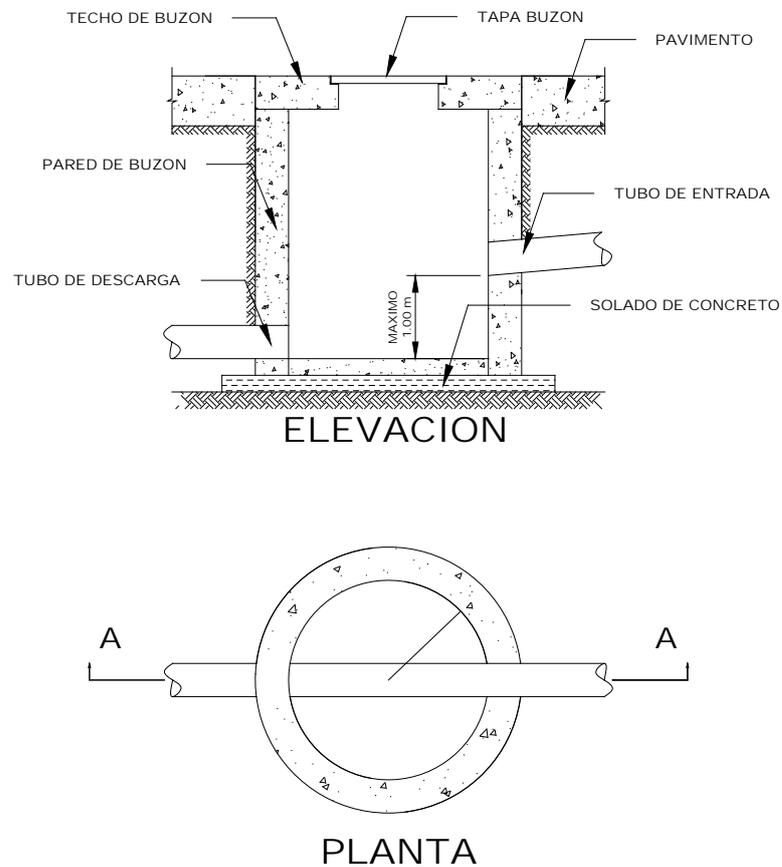
DIAMETRO mm	DISTANCIA m
150	80
200 <math>< \varnothing < 250</math>	100
250 <math>< \varnothing < 600</math>	150
<math&gt;\varnothing &gt;="" 600&lt;="" math&gt;<="" td=""> <td>250</td> </math&gt;\varnothing>	250

FUENTE: REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

## BUZONES DE CAIDA

Son estructuras que permiten la unión indirecta de dos o más tuberías a diferentes niveles, dejando caer el agua para que salga por la tubería de cota inferior, sin aumentar las pendientes permitidas. (Ver FIGURA N° 16)

**FIGURA N° 16**  
**DETALLE DE BUZON DE CAIDA**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

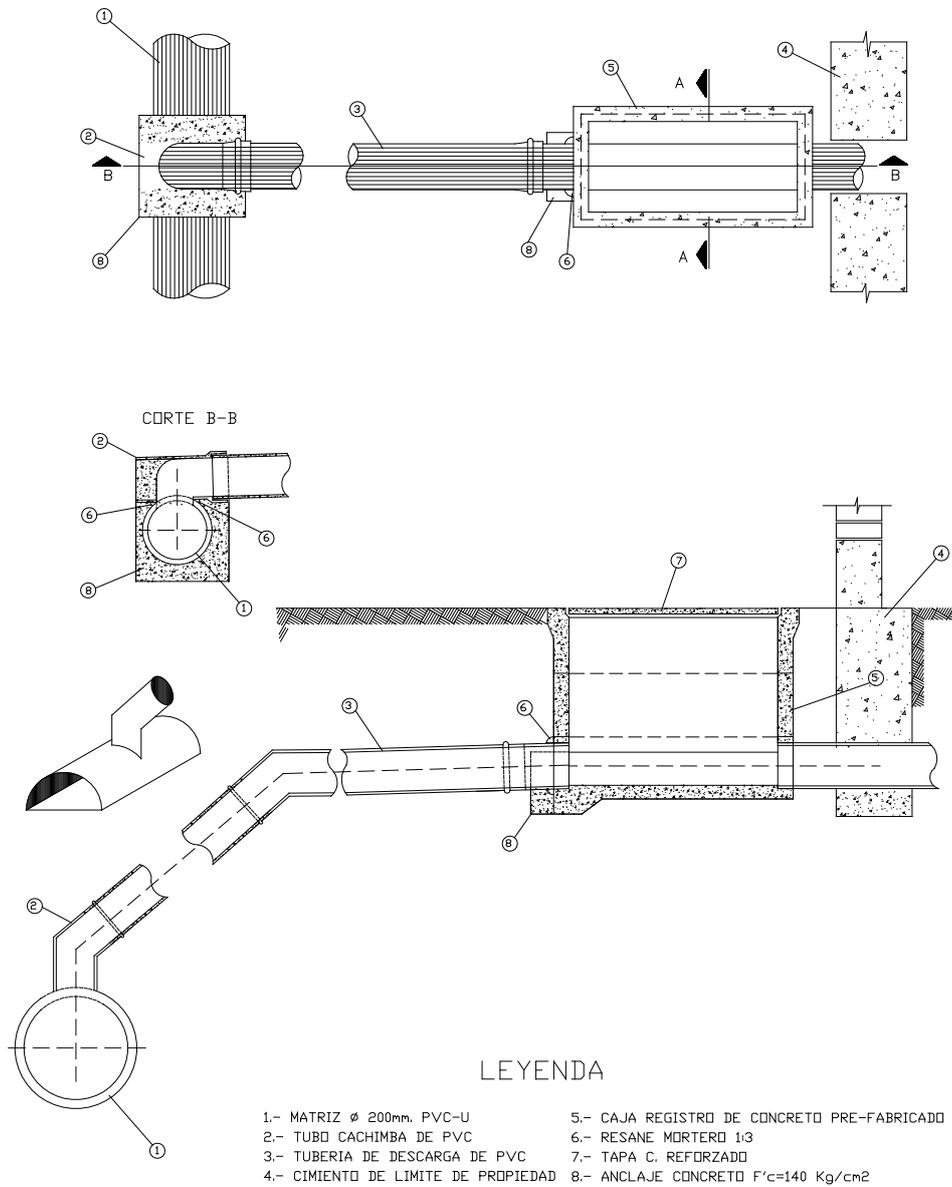
El Reglamento Nacional de Construcción considera para estas estructuras donde las tuberías no coinciden de nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la descarga o altura de caída con respecto al fondo de la misma sea mayor de 1.00 m.

### CONEXIONES DOMICILIARIAS

Las conexiones domiciliarias son las estructuras que recogen las aguas residuales producidas en los hogares, como los desechos de cocina, arrastre de sólidos de los baños, limpieza.

La FIGURA N° 17 muestra el detalle de una conexión domiciliaria.

FIGURA N° 17  
CONEXIÓN DOMICILIARIA



FUENTE: ELABORACION PROPIA

### e) CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Además de las consideraciones de diseño especificadas en los párrafos anteriores, debemos considerar en el diseño del colector:

- Ubicación.
- Profundidad de Instalación.
- Correcta Instalación.

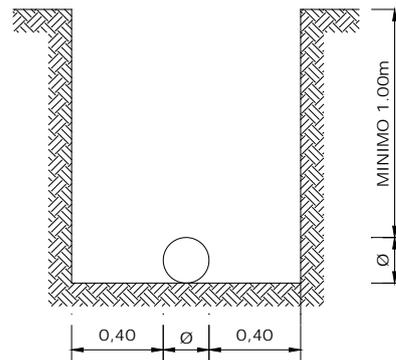
## UBICACION

Las calles de la ciudad de La Unión, tienen en promedio 10m de ancho, es por este motivo y de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción, se rediseñara un solo colector a lo largo del Jirón Dos de Mayo, que se ubicara en el eje de la vía vehicular.

## PROFUNDIDAD DE INSTALACION

La profundidad mínima de instalación, para su protección debido a la circulación de vehículos, será medida sobre la corona de la tubería y tendrá un valor mínimo de 1m. Ver Figura N° 18

FIGURA N° 18  
DETALLE DE INSTALACION DE TUBERIA



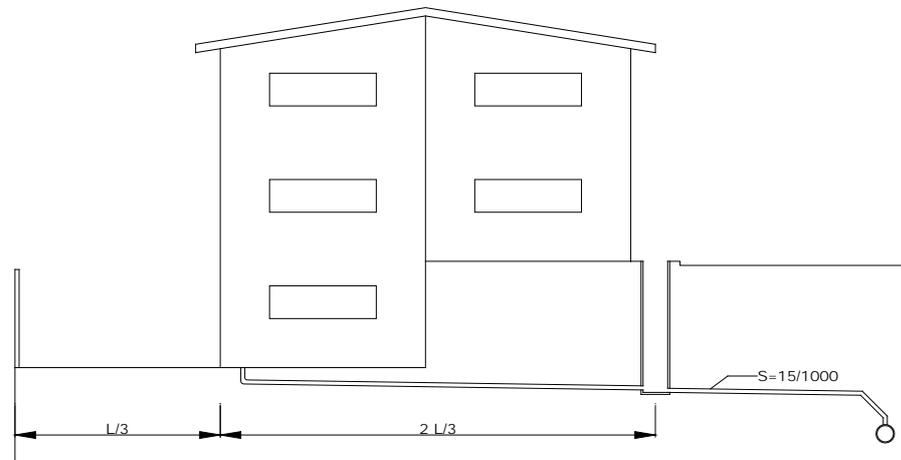
FUENTE: NICOLL ETERPLAS SA CATÁLOGO NTP-ISO 4422

En caso de tuberías flexibles (tuberías de PVC) se recomienda en general que la zanja a la profundidad de la tubería sea lo mas estrecha posible, dentro de los limites practicables, en la practica el ancho de la zanja se estima como la suma del diámetro mas 0.80 m, En zonas de alto transito la altura de relleno se recomienda 1.20 m como mínimo.

## CORRECTA CONEXIÓN

Permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias al interceptor, entendiéndose que esta profundidad debe asegurar el drenaje de todos los lotes que den frente a la calle, considerándose que por lo menos 2/3 parte de cada lote en profundidad puedan descargar por gravedad. Ver FIGURA N° 19

**FIGURA N° 19**  
**DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 5.03.0 CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño del alcantarillado, se aplicara el método de longitud de tubería contribuyente, Ecuación (71)

$$Q_i = \left( \frac{Q_s + Q_p}{L} + I \right) L_i$$

### CAUDAL DE CONTRIBUCION

El caudal de contribución ( $Q_s$ ) se calcula por la Ecuación (68)

$$Q_s = 0.80 Q_{CONSUMIDO}$$

Donde el caudal consumido es de 43.895l/s, reemplazando este valor en la ecuación anterior

$$Q_s = 0.80 \times 43.895 = 35.116 \frac{l}{s}$$

### CAUDAL DE LLUVIAS <sup>(13)</sup>

Para el cálculo del caudal de lluvia, se hará uso del método racional, aplicable a áreas de drenaje menores de 13 Km<sup>2</sup>, Ecuación (70)

$$Q_p = CIA$$

Donde  $Q_p$  es el caudal de precipitación (m<sup>3</sup>/s),  $C$  es el coeficiente de escorrentía,  $I$  la intensidad de la lluvia (mm/hora),  $A$  el área de drenaje (Ha).



La ciudad de La Unión no cuenta con estación meteorológica, es por este motivo y en concordancia con el Reglamento Nacional de Construcción, procederemos a calcular de la Intensidad de precipitación utilizando la fórmula propuesta por el Instituto Italiano Latino Americano (IILA):

$$I_{(t,T)} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1} \quad (89)$$

El valor de  $a$

$$a = \left( \frac{1}{t_g} \right)^n \epsilon_g \quad (90)$$

Donde:

$i$	Intensidad (mm/h)
$a$	Parámetro de intensidad
$b$	Parámetro de hora (para la sierra 0.40horas)
$K$	Parámetro de frecuencia (adimensional)
$t$	Duración (horas) < 3 horas
$T$	Tiempo de retorno (años)
$t_g$	Duración de la Lluvia diaria (asumido en promedio de 15.2 para el Perú)
$\epsilon_g$	Parámetro a determinar

Para su uso son necesarios conocer:

-	Latitud	de la Ciudad de La Unión	:	9°49
-	Altitud	de la Ciudad de la Unión	:	3230msnm

Del Cuadro N° 01, del manual del IILA, para esas coordenadas tenemos:

Código	Cuadrante	Estación	n	Latitud	Y <sub>msnm</sub>	D <sub>m</sub>	D <sub>c</sub>
451	IF-9	HUALLANCA	13	9.53°	3260	-	-

En el Mapa N° 01 del RNC identificamos que al cuadrante IF-9 le corresponde los siguientes parámetros (Tabla 3.a)

ZONA	K	SUB ZONA	$\epsilon_g$
5a	11 $\epsilon_g^{-0.85}$	5a <sub>6</sub>	1.4+0.0067

Entonces:

$$\epsilon_g = 1.40067, \quad K = 11\epsilon_g^{-0.85} = 11 \times 1.40067^{-0.85} = 8.2605$$



Reemplazando en la ecuación (92)

$$a = \left(\frac{1}{t_g}\right)^n \varepsilon_g = (1/15.2)^{13} \times 1.40067 = 6.0585 \times 10^{-16}$$

Para un tiempo de retorno ( $T$ ) de 20 años y una duración de lluvia ( $t$ ) de 2.90 horas ( $t < 3$ ), el valor de intensidad dado por la Ecuación (91)

$$I_{(t,T)} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1} = 6.0585 \times 10^{-15} (1 + 8.2605 \log 20)(2.90 + 0.40)^{13-1}$$

$$I_{(2.90,20)} = 3.6023 \times 10^{-5} \text{ mm/hora}$$

El área de la zona de drenaje es igual a 129.33Ha, el valor del coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 20 años y una superficie de concreto C tiene un valor de 0.88 (Tabla 1.A del RNC), reemplazando datos en la Ecuación (70)

$$Q_p = C I_{(t,T)} A = 0.88 \times 3.6023 \times 10^{-5} \times 129.33 \text{ m}^3 / \text{s} = 4.0997 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 4.0997 \text{ l/s}$$

### CAUDAL DE INFILTRACION

El caudal de infiltración se calcula a partir de la Ecuación (69)

$$0.0005 < I < 0.001 \text{ l/s m}$$

Para nuestro caso tomaremos:

$$I = 0.0009 \text{ l/s m}$$

### CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño se calcula aplicando la Ecuación (74)

$$Q_i = \left( \frac{Q_s + Q_p}{L} + I \right) L_i$$

Reemplazando valores en la Ecuación anterior

$$Q_i = \left( \frac{35.116 + 4.099}{9210} + 0.0009 \right) L_i$$

$$Q_i = 0.005158 L_i \text{ l/s m}$$



#### 5.04.0 DISEÑO DEL COLECTOR Y EMISOR

La TABLA N° 17 muestra en detalle los resultados del diseño del Colector Dos de Mayo y del Emisor, a continuación la descripción la misma (ver planos N° 18, N° 19 y N° 20)

-	Columna N° 01	Número de colector
-	Columna N° 02	Numero de Tramo
-	Columna N° 03	Buzón Aguas Arriba
-	Columna N° 04	Buzón Aguas Abajo
-	Columna N° 05	Nombre de Calle
-	Columna N° 06	Longitud del tramo
-	Columna N° 07	Nombre del Colector Contribuyente
-	Columna N° 08	Caudal del Colector Contribuyente
-	Columna N° 09	Caudal buzón aguas arriba
-	Columna N° 10	Caudal del tramo
-	Columna N° 11	Caudal buzón aguas abajo
-	Columna N° 12	Empalme
-	Columna N° 13	Cota terreno buzón aguas arriba
-	Columna N° 14	Cota terreno buzón aguas abajo
-	Columna N° 15	Profundidad mínima de colector aguas arriba
-	Columna N° 16	Profundidad mínima de colector aguas abajo
-	Columna N° 17	Cota Colector aguas arriba
-	Columna N° 18	Cota Colector aguas abajo
-	Columna N° 19	Desnivel del terreno
-	Columna N° 20	Pendiente del terreno
-	Columna N° 21	Desnivel del colector
-	Columna N° 22	Pendiente del Colector
-	Columna N° 23	Diámetro
-	Columna N° 24	Caudal a sección llena
-	Columna N° 25	Velocidad a sección llena
-	Columna N° 26	Relación de caudal / caudal a tubo lleno
-	Columna N° 27	Relación de velocidad / velocidad a tubo lleno
-	Columna N° 28	Relación de tirante / diámetro
-	Columna N° 29	Velocidad real
-	Columna N° 30	Tirante
-	Columna N° 31	Cota corona colector
-	Columna N° 32	Cota fondo de colector
-	Columna N° 33	Cota fondo de buzón
-	Columna N° 34	Profundidad de buzón
-	Columna N° 36	Desnivel fondo de colector al fondo del buzón



### 5.05.0 AGUAS RESIDUALES

En nuestro país, las aguas residuales procedentes de los sistemas sanitarios descargan en la mayoría de los casos, en los cursos naturales de agua para su disposición final.

A pesar de que las aguas negras están constituidas aproximadamente por 99.9% de aguas y 0.1% de materia extraña <sup>(3)</sup>, su descarga en una corriente cambia las características de los cursos de agua que las recibe. De esta manera los materiales en suspensión que transportan las aguas residuales se depositan en el lecho de los ríos impidiendo el crecimiento de las plantas acuáticas; los residuos de naturaleza orgánica se pudren robando el oxígeno al agua con producción de malos olores y sabores; las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y álcalis afecta directamente o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas suspendidas como fibras o cenizas asfixian los peces por la obstrucción de sus agallas, los aceites y grasas flotan y se adhieren a las plantas superficiales impidiendo su desarrollo.

De todo ello se desprende la importancia de reducir la descarga de aguas residuales producto del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión, en el río Vizcarra.

#### 5.05.1 OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El objetivo del tratamiento de las aguas residuales producto del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión será evitar que la totalidad del material transportado por estas aguas llegue al río Vizcarra. La operación de eliminar la materia contenida en las aguas residuales se dificulta por encontrarse parte de ella en solución y otra parte en suspensión en forma de sólidos que pueden ser sedimentables o no sedimentables, para realizarla existen diversos procesos que al aplicarse aisladamente o en conjunto permitirán obtener diferentes grados de purificación de las aguas tratadas.

Al conjunto de obras de recolección, tratamiento, disposición, acciones de operación, monitoreo, control de estas aguas la denominaremos: **“Manejo de Aguas Residuales”**.

La TABLA N° 18 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, muestra los componentes físico químico de las aguas residuales. <sup>(14)</sup>

**TABLA N° 18  
CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

CARACTERISTICAS	PARAMETRO	ORIGEN	
FISICAS	Sólidos	Suministro de Agua, residuos industriales y domésticos	
	Temperatura	Residuos industriales y domésticos	
	Color	Residuos industriales y domésticos	
	Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales	
QUIMICAS	ORGANICO	Proteínas	Residuos industriales y domésticos
		Carbohidratos	Residuos industriales y domésticos
		Grasas Animales	Residuos industriales, comerciales y domésticos
		Agentes Tenso activos	Residuos industriales y domésticos
		Fenoles	Residuos industriales
		Pesticidas	Residuos agrícolas
	INORGANICO	pH	Residuos industriales
		Cloruros	Suministro de agua domestica. Residuos industriales, infiltración de agua subterránea
		Alcalinidad	Residuos domésticos, suministro de agua domestica, infiltración de aguas subterráneas
		Nitrógeno	Residuos agrícolas y domésticos
		Fósforo	Residuos industriales y domésticos, derrame natural
		Azufre	Suministro de agua domestica. Residuos industriales
		Compuestos Tóxicos	Residuos industriales, infiltración de agua subterránea
	Metales Pesados	Residuos industriales	
	GASES	Oxigeno	Suministro de agua domestica, infiltración aguas superficiales
		Sulfato de Hidrogeno	Descomposición de aguas domesticas
		Metano	Descomposición de aguas domesticas
	BIOLOGICAS	Protistas	Residuos domésticos
		Virus	Residuos domésticos y plantas de tratamiento
Plantas		Corrientes de agua al descubierto, y plantas de tratamiento	
Animales		Corrientes de agua al descubierto, y plantas de tratamiento	

FUENTE: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN – FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA CIVIL [WWW.UUMSS.EDU.BO]

### 5.05.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS

Los procesos que se utilizaran para el tratamiento de las aguas residuales del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión, se clasificaran en:

- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Procesos complementarios

### 5.05.3 TRATAMIENTO PRIMARIO

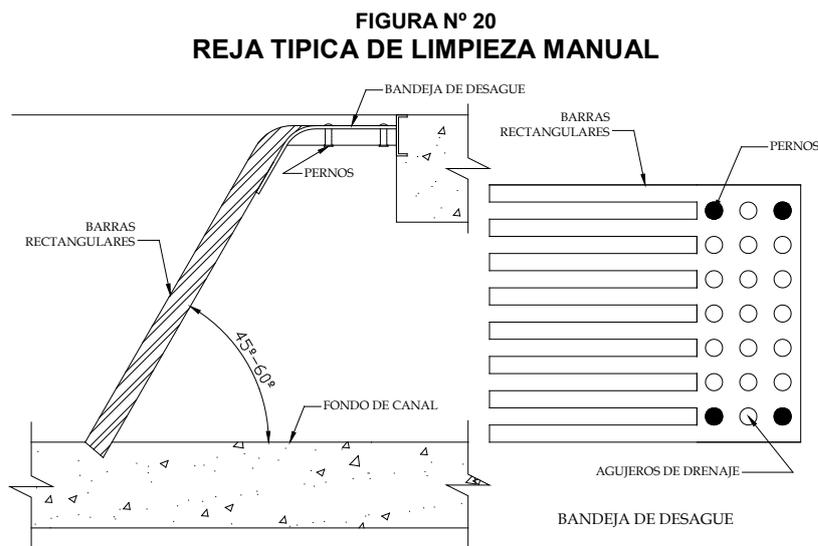
El tratamiento primario consistirá de una serie de procesos que permitirán remover los materiales en suspensión en las aguas servidas (grandes sólidos flotantes, arena, grasas), incluye la medición y regulación del caudal entrante. Se hace notar que el tratamiento primario no mejora la calidad de agua del sistema de alcantarillado.

Los procesos que se llevarán a cabo durante el tratamiento primario de las aguas residuales serán los siguientes:

- Separación de los sólidos gruesos
- Separación de la arena
- Separación de las grasas.
- Control del caudal de aguas residuales

### 5.05.4 SEPARACION DE LOS SÓLIDOS GRUESOS

El primer paso en el tratamiento de aguas servidas del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión será la separación de los sólidos grandes, el proceso consistirá en hacer pasar las aguas residuales por una estructura de rejas <sup>(14)</sup> (Cámara de rejas), para después de forma manual separar los sólidos retenidos. La FIGURA N° 20 muestra el detalle de una cámara de rejas.



**DETALLE DE REJA TIPICA DE LIMPIEZA MANUAL**

FUENTE: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN – FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA CIVIL [WWW.UMSS.EDU.BO]



El Reglamento Nacional de Construcción específica:

- Capacidad Caudal Máximo Horario.
- Barras de sección rectangular
- Espaciamiento de barras (entre 20 y 50mm)
- La velocidad a través de las barras (0.60 y 0.75m/s)
- El Angulo de inclinación de las barras de las cámaras de rejillas de operación manual será entre 45° y 60° con respecto a la horizontal.

#### **5.05.5 SEPARACION DE ARENA**

La arena no es benéfica para el tratamiento o técnicas de procesamiento de lodos procedentes de las aguas del sistema de alcantarillado porque bloquea y desgasta los conductos, además de las estructuras de la planta de tratamiento.

En la retención de las partículas de arena se emplearan cámaras reductoras de velocidad (desarenadores) que permitan la remoción de sólidos minerales por sedimentación, serán de flujo horizontal y de limpieza manual.

#### **5.05.6 CONTROL DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES**

El control de la velocidad para diferentes tipos tirantes de agua se efectuara con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador. Para la planta de tratamiento del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de La Unión se instalara un medidor de régimen crítico tipo Parshall.

Según el Reglamento Nacional de Construcción los medidores deberán calibrarse y comprobarse para las velocidades mínima, promedio y máxima.

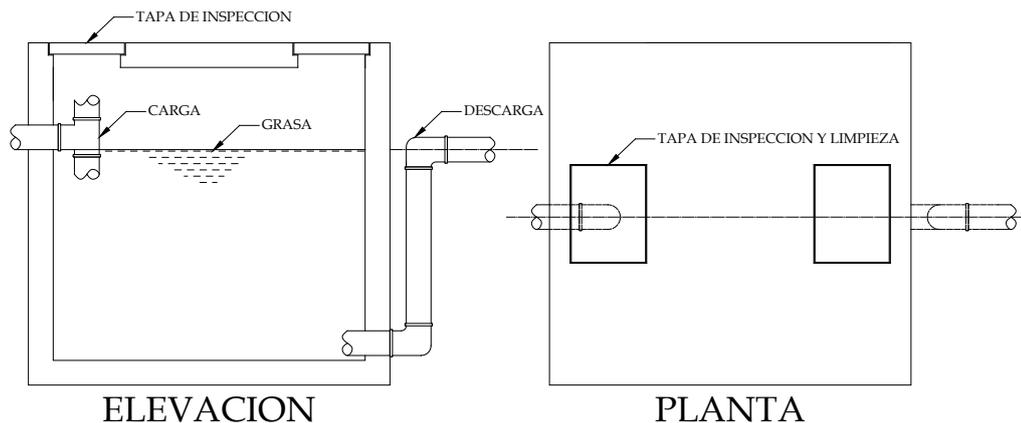
#### **5.05.7 SEPARACION DE GRASAS**

Los aceites y grasas, debido a su menor peso específico se concentran y flotan sobre la superficie de las aguas residuales, permitiendo su separación, ya sea por medios manuales o mecánicos.

Para la remoción de la grasas haremos uso de una estructura de concreto armado que denominaremos tanque de grasas, los tiempos de retención en los

tanque de grasa no serán menores a los 15 minutos <sup>(14)</sup> y la velocidad horizontal de ingreso deberá de mantenerse entre los 50 y 250mm/s (Con el fin de prevenir la deposición de partículas orgánicas en el fondo) para el caudal máximo horario. La Figura siguiente muestra un tanque de grasas.

**FIGURA N° 21  
TANQUE DE GRASAS**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 5.06.0 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Es el conjunto de procesos llevados a cabo en la remoción y estabilización de las materias putrescibles o en estado coloidal existentes en las aguas servidas. Por procedimientos físicos, químicos y biológicos. Para lograrlo se recurre al uso de lagunas de estabilización, que se caracterizan por su bajo costo de construcción, operación y mantenimiento permiten llegar a resolver el problema de disposición de aguas residuales en lugares en donde no sea posible hacerlo con las plantas de tipo convencional. Se estima que el costo de las lagunas de estabilización esta entre un diez y veinte por ciento del de las plantas convencionales.

La remoción de bacterias, que es uno de los aspectos que más debe preocupar es equivalente entre un 70 y un 99% <sup>(13)</sup>. El funcionamiento de las lagunas de estabilización descansa en dos formas primitivas de vida: Algas y bacterias, donde la fuente de energía es el sol. Esta energía unida a las propiedades fotosintéticas de las algas, las capacita para utilizar los desechos orgánicos parcialmente fermentados principalmente bióxido de carbono para producir mas células de algas y liberar oxígeno que estimula las actividades de las bacterias aerobias.



Las lagunas de estabilización suelen clasificarse de acuerdo a la naturaleza de la actividad biológica que tenga lugar:

- Aireadas o Fotosintéticas
- Facultativas
- Anaeróbicas

#### **5.06.1 AIREADAS**

Las lagunas aireadas o fotosintéticas son lagunas de poca profundidad que reciben una carga orgánica relativamente baja y que logran mantener oxígeno disuelto en toda su profundidad. (Profundidad: 0.20 – 0.50m)

Al respecto el Reglamento Nacional de Construcción dice

- No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

#### **5.06.2 FACULTATIVAS**

Son lagunas de mediana profundidad (entre 1 y 3m) que mantienen oxígeno disuelto en las capas superiores y son anaeróbicas (falta de oxígeno) en las capas inferiores. Cuando la turbiedad es muy baja o hay mucha agitación el oxígeno disuelto puede llegar hasta el fondo. Estas estructuras reciben una carga orgánica moderada. Generalmente no producen malos olores, por lo que basta con retirarlas de 100 a 300m., de las zonas pobladas.

Al respecto el Reglamento Nacional de Construcción:

- Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga es tan baja que permita una adecuada remoción de bacterias)
- Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas.
- Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo la profundidad debe ser mayor de 1.5m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá prever una altura adicional para la acumulación de lodos entre periodos de limpieza de 5 a 10 años.



### 5.06.3 ANAEROBICAS

Son lagunas por lo general con profundidades superiores a los dos metros y que reciben cargas orgánicas muy fuertes. Lo que produce la ausencia de oxígeno disuelto.

Tienen la ventaja que ocupan menos área que las lagunas aeradas y facultativas pero en cambio su mantenimiento es costoso, pues hay que estar removiéndoles los lodos digeridos periódicamente. Además producen olores muy fuertes, por lo que hay que retirarlas más a zonas alejadas de la población (500 – 1000m.)

El Reglamento Nacional de Construcción al respecto nos dice:

- Las lagunas anaeróbicas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema cuando la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales.
- No es recomendable el uso de lagunas anaerobias para temperaturas menores a 15°.

### 5.07.0 PROCESOS COMPLEMENTARIOS

Los procesos complementarios comprendidos en el tratamiento de las aguas residuales consistirán en la incorporación de aire mediante estructuras diseñadas para tal como son los resaltos hidráulicos, antes de su disposición final en las aguas del río Vizcarra.

### 5.08.0 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESAGUE

Para el diseño de la Planta de tratamiento los parámetros de diseño serán los obtenidos en el **INFORME DE ANALISIS N° 329-08 LAB N° 20**, procesado en la UNI y que se muestran en el Anexo VI

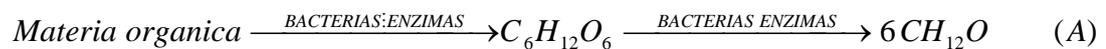
Los datos correspondientes al proyecto necesarios para el diseño de la planta de tratamiento de desagües son los siguientes:

POBLACION	6588	Habitantes
CAUDAL MAXIMO HORARIO	22.875	l/s
TEMPERATURA PROMEDIO	10	°C
CAUDAL RIO EN ESTIAJE	7,820	l/s



## CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO <sup>(14)</sup>

La materia orgánica presente en las aguas residuales, logra estabilizarse en presencia de oxígeno a través de un proceso que no despiden olores desagradables ni ocasiona las molestias que ofrecen la estabilización en ausencia de oxígeno. Dicha estabilización se logra por medio de la acción bacteriana que da oxígeno a las enzimas, las cuales actúan como catalizadores en el proceso de desdoblamiento de la materia orgánica <sup>(13)</sup>.



En la Ecuación (B) el término  $\text{O}_2$  es la cantidad de oxígeno necesaria para la transformación de la glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) llevada a cabo durante 5 días a  $20^\circ\text{C}$ .

A esta cantidad de oxígeno se le denomina **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**, más comúnmente llamada **D.B.O**

### 5.09.0 EVALUACION DEL CUERPO RECEPTOR (RIO VIZACARRA)

Para la evaluación del cuerpo receptor se calculará la Demanda Bioquímica de Oxígeno (**D.B.O**) y de la cantidad de coliformes fecales (**CF**), que resulte de la mezcla de la descarga del alcantarillado de la ciudad de La Unión con las aguas del río Vizcarra y se hará de acuerdo a las siguientes ecuaciones <sup>(14)</sup>:

#### - **D.B.O DE LA MEZCLA**

$$DBO_{\text{MEZCLA}} = \frac{DBO_{\text{RIO}} \times Q_{\text{RIO}} + DBO_{\text{AR}} \times Q_{\text{MAX HORARIO}}}{Q_{\text{RIO}} + Q_{\text{MAX HORARIO}}} \quad (91)$$

#### - **CF DE LA MEZCLA**

$$CF_{\text{MEZCLA}} = \frac{CF_{\text{RIO}} \times Q_{\text{RIO}} + CF_{\text{AR}} \times Q_{\text{MAX HORARIO}}}{Q_{\text{RIO}} + Q_{\text{MAX HORARIO}}} \quad (92)$$



La Ley General de Aguas para los usos tipo III y IV establece los siguientes valores máximos permisibles:

- $DBO_{PERMISIBLE} = 10.00\text{mg/l}$
- $CF_{PERMISIBLE} = 1000\text{NPM}/100\text{ml}$

### 5.09.1 D.B.O DE MEZCLA ( $DBO_{MEZCLA}$ )

La D.B.O que resulte de la mezcla de las aguas residuales con las aguas del río Vizcarra se calcula con la Ecuación (91)

$$DBO_{MEZCLA} = \frac{DBO_{RIO} \times Q_{RIO} + DBO_{AR} \times Q_{MAX\ HORARIO}}{Q_{RIO} + Q_{MAX\ HORARIO}} \quad (91)$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior:

$$DBO_{MEZCLA} = \frac{1.33 \times 7,820 + 64.35 \times 22.875}{7,820 + 22.875} = 1.51 \text{ mg/l}$$

Luego se cumple que:

$$1.51 \text{ mg/l} < 10.00 \text{ mg/l}$$

Se cumple con lo especificado en la Ley de Aguas.

### 5.09.2 CF DE LA MEZCLA

La CF que resulte de la mezcla de las aguas residuales con las aguas del río Vizcarra se calcula con la Ecuación (92)

$$CF_{MEZCLA} = \frac{CF_{RIO} \times Q_{RIO} + CF_{AR} \times Q_{MAX\ HORARIO}}{Q_{RIO} + Q_{MAX\ HORARIO}} \quad (92)$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior:



$$CF_{MEZCLA} = \frac{11 \times 10^2 \times 7820 + 15 \times 10^7 \times 22.875}{7820 + 22.875} = 438,595.80 \text{ UFC} / 100 \text{ ml}$$

Luego se tiene:

$$438,595.80 \text{ UFC} / 100 \text{ ml} > 1000 \text{ UFC} / 100 \text{ ml}$$

No se cumple con los requerimientos de la Ley de aguas

### 5.10.0 LAGUNA DE ESTABILIZACION DE LA CIUDAD DE LA UNION

De acuerdo a lo descrito en los párrafos anteriores, el sistema que más se ajusta a las necesidades para el tratamiento secundario de las aguas residuales de la ciudad de La Unión por:

- Temperatura.
- Adecuada remoción de bacterias.
- Baja producción de malos olores.
- Disponibilidad de terrenos.
- Clima.
- Baja carga orgánica.
- Bajo costo de mantenimiento.
- 

Es el sistema de:

### LAGUNA FACULTATIVA

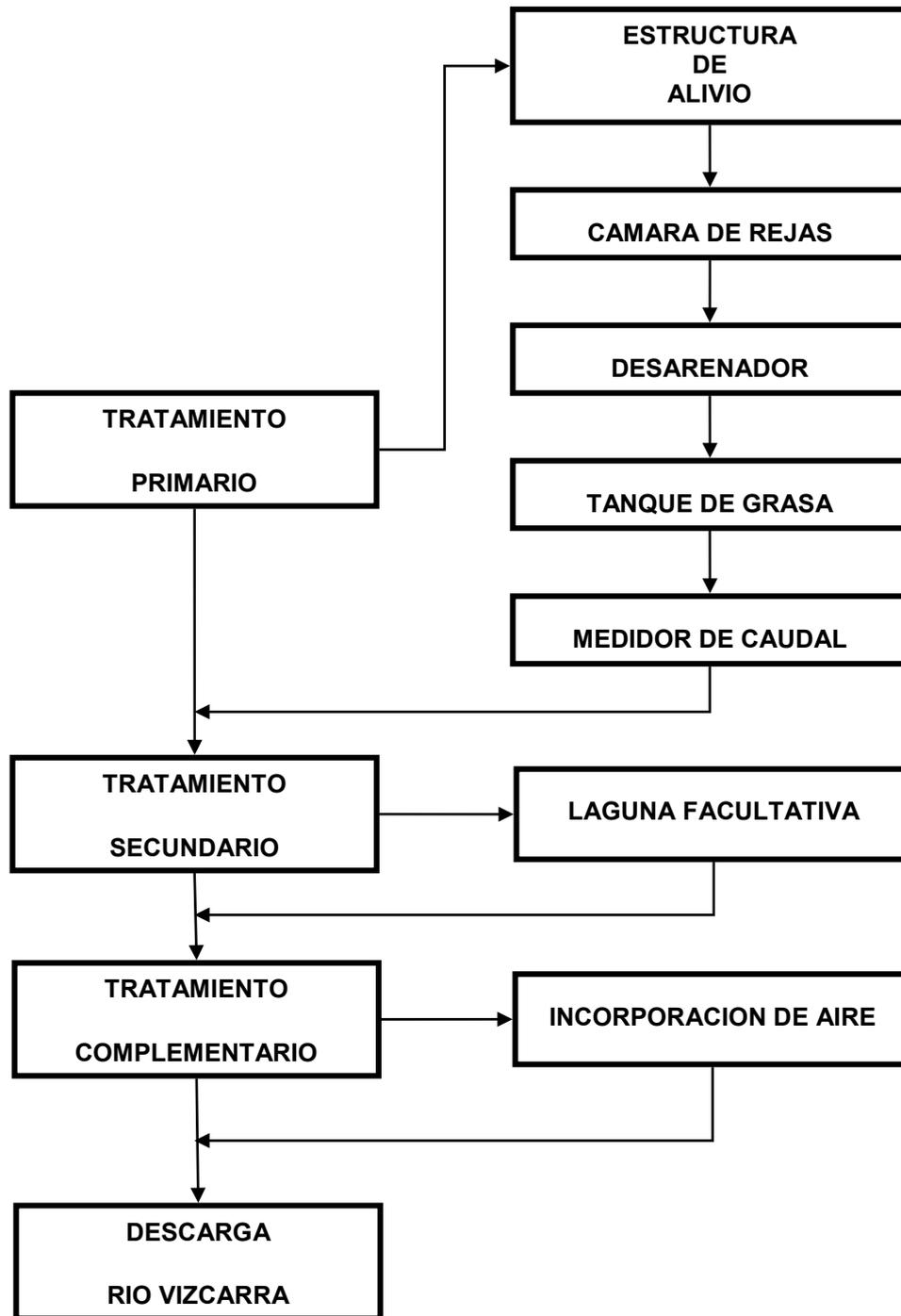
### 5.11.0 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

De acuerdo al esquema de funcionamiento, el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de La Unión, deberá contemplar las siguientes estructuras hidráulicas:

- Canal de Ingreso
- Estructura de alivio
- Canal de descarga de excedentes
- Cámara de rejas
- Desarenador
- Tanque de grasas
- Medidor de caudales
- Estructuras de derivación.
- Laguna Facultativa
- Canal de descarga de aguas tratadas
- Otros.



### ESQUEMA Nº 11 FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



FUENTE: ELABORACION PROPIA



### 5.11.1 DISEÑO DE LA TUBERIA DE INGRESO

El canal de entrada será una tubería de PVC ( $\eta=0.010$ ).

#### DISEÑO DEL CANAL DE INGRESO

-	TIRANTE TUBERIA DE ENTRADA	( $Y_0$ )	=	0.204m
-	CAUDAL DE DISEÑO	( $Q$ )	=	0.022875m <sup>3</sup> /s
-	COTA DE ENTRADA	( $C$ )	=	3212.16m
-	LONGITUD	( $L$ )	=	9.50m
-	VELOCIDAD DE ENTRADA	$V$	=	>0.90m/s

#### DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO:

La ecuación de continuidad para un canal de forma circular es:

$$Q = A V = \frac{V D^2 (\beta - \text{SENO} \beta)}{8}$$

Si trabaja a media sección, la ecuación se transforma en:

$$Q = \frac{\pi V D_0^2}{8}$$

Despejando el diámetro de la ecuación anterior:

$$D_0 = \sqrt{\frac{8Q}{\pi V}}$$

Donde  $Q$  es el caudal máximo horario,  $V$  la velocidad mínima, reemplazando datos y resolviendo:

$$\sqrt{\frac{8 \times 0.022875}{0.90 \pi}} = 0,254\text{m}$$

Diámetro asumido:

$$D = 0.40\text{m}$$

#### DETERMINACION DE LA PENDIENTE:

Aplicando la ecuación (80):



$$Q = \frac{D^{8/3} (\beta_0 - \text{SENO}\beta_0)^{5/3} \sqrt{S_0}}{2^{13/3} \beta_0^{2/3} \eta}$$

Despejando la pendiente de la ecuación:

$$S_0 = \left( \frac{2^{13/3} Q \eta \beta_0^{2/3}}{D^{8/3} (\beta_0 - \text{SENO}\beta_0)^{5/3}} \right)^2$$

El ángulo central ( $\beta_0$ ) para las condiciones iniciales, se calcula resolviendo la ecuación de continuidad:

$$Q - \frac{V D^2 (\beta_0 - \text{SENO}\beta_0)}{8} = 0$$

Donde Q es el caudal máximo horario, V es la velocidad mínima, y D el diámetro asumido, reemplazando sus valores en la ecuación anterior:

$$0.022875 - \frac{0.90 \times 0.40^2 (\beta_0 - \text{SENO}\beta_0)}{8} = 0$$

Resolviendo la ecuación el ángulo central es:

$$\beta_0 = 2,1224 \text{ rad}$$

Reemplazando valores en la ecuación de la pendiente y haciendo operaciones:

$$S_0 = \left( \frac{2^{13/3} \times 0.022875 \times 0.010 \times 2.1224^{2/3}}{0.40^{8/3} (2.1224 - \text{SENO}(2.1224))^{5/3}} \right)^2 = 0,0034$$

Pendiente asumida:

$$S = 0,0035$$

TIRANTE:

El tirante por la Ecuación (82), se calcula por:

$$Y = 0.5 \left( 1 - \text{COS} \left( \frac{\beta}{2} \right) \right) D$$

El ángulo  $\beta$  se calcula igualando la ecuación de Manning a cero:



$$Q - \frac{D^{8/3}}{2^{13/3}} \frac{(\beta - \text{SEN}\beta)^{5/3}}{\beta^{2/3}} \frac{\sqrt{S}}{\eta} = 0$$

Donde D es el diámetro asumido, S es la pendiente asumida, Q el caudal de diseño, reemplazando datos:

$$0.02875 - \frac{0.40^{8/3}}{2^{13/3}} \frac{(\beta - \text{SEN}\beta)^{5/3}}{\beta^{2/3}} \frac{\sqrt{0.0035}}{0.010} = 0$$

Resolviendo:

$$\beta = 2,1188 \text{ rad}$$

Reemplazando en la ecuación del tirante:

$$Y = 0.5 \times 0.40 \left( 1 - \cos\left(2.690603 \frac{\beta}{2}\right) \right) = 0,102\text{m}$$

VELOCIDAD EN EL CANAL DE ENTRADA

La velocidad esta dada por la Ecuación (79):

$$V = \frac{D^{2/3}}{2^{4/3}} \left( \frac{\beta - \text{SENO}\beta}{\beta} \right)^{2/3} \frac{\sqrt{S}}{\eta}$$

Reemplazando datos:

$$V = \frac{0.40^{2/3}}{2^{4/3}} \left( \frac{2.1188 - \text{SENO}(2.1188)}{2.1188} \right)^{2/3} \frac{\sqrt{0.0035}}{0.010} = 0,903\text{m/s}$$

$$0.903\text{m/s} > 0.90\text{m/s} \quad \text{¡CORRECTO!}$$

COTA DE SALIDA=COTA DE ENTRADA – LONGITUD X PENDIENTE

$$\text{COTA DE SALIDA} = 3212.16 - 9.50 \times 0.0035 = 3212.13\text{m}$$

### 5.11.2 DISEÑO DE LA CAMARA DE REJAS <sup>(15)</sup>

La cámara de rejas será un canal de concreto armado ( $\eta=0.013$ ), de forma rectangular, con una reja inclinada a  $45^\circ$ , de barras de fierro de sección rectangular, su propósito será la retención de los sólidos flotantes como troncos pequeños, ramas, plásticos, botellas, papeles, etc.

En el diseño se tomaran las consideraciones especificadas en el Reglamento Nacional de Construcción:



- Será de limpieza manual, se diseñará para el caudal máximo horario, la velocidad antes de la reja estará comprendida entre los 0.30 y 0.60m/s
- Se utilizaran barras de sección rectangular 5 a 15mm de espesor y de 30 a 75mm de ancho, El espaciamiento de las barras estará comprendido entre los 20 y 50mm, el ángulo de inclinación de las barras estará comprendido entre 45° y 60°, La velocidad de diseño (barras limpias) para la elección del espaciamiento y espesor de las barras antes, y a través de la reja deberá estar comprendida entre los 0.60 y 0.70m/s.

#### DATOS DE DISEÑO CANAL DE LA CAMARA DE REJAS

-	TIRANTE TUBERIA DE ENTRADA	(Y <sub>0</sub> )	=	0.10m
-	CAUDAL DE DISEÑO	(Q)	=	0.022875m <sup>3</sup> /s
-	COTA DE ENTRADA	(C)	=	3212.13m
-	LONGITUD	(L)	=	4.30m
-	VELOCIDAD DE ENTRADA	0.30	<	V < 0.60

#### DISEÑO CANAL DE LA CAMARA DE REJAS

VELOCIDAD ASUMIDA PARA DISEÑO

$$V = 0.58\text{m/s}$$

ANCHO DE CANAL (B)

$$B = \frac{Q}{V Y_0}$$

Reemplazando datos y operando:

$$B = \frac{0.022875}{0.58 \times 0.10} = 0.394\text{m}$$

Ancho asumido:

$$B = 0.40\text{m}$$

PENDIENTE (S)

$$S = \left( \frac{Q \eta}{A R^{2/3}} \right)^2$$



$$\begin{aligned} - \quad A &= 0.40 \times 0.10 = 0.040 \text{m}^2 \\ - \quad P &= \frac{0.40 \times 0.10}{(2 \times 0.10 + 0.40)} = 0.067 \text{m} \end{aligned}$$

Reemplazando datos y resolviendo:

$$S = \left( \frac{0.02875 \times 0.013}{0.040 \times 0.067^{2/3}} \right)^2 = 0.0020$$

Pendiente asumida:

$$S = 0.0020$$

VELOCIDAD DE ENTRADA

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

Reemplazando datos y resolviendo:

$$V = \frac{0.022875}{0.40 \times 0.10} = 0.571 \text{m/s}$$

$$0.30 < V < 0.60 \quad \text{¡CUMPLE RNC!}$$

COTA DE SALIDA

$$\text{COTA DE ENTRADA} - \text{LONGITUD} \times \text{PENDIENTE} = 3212.13 - 4.30 \times 0.0012$$

$$\text{COTA DE SALIDA} = 3212.12 \text{m}$$

DISEÑO DE LA REJA

DATOS DE DISEÑO

$$\begin{aligned} - \quad \text{Área del canal de entrada} &= 0.040 \text{m}^2 \\ - \quad Q_{MH} &= 22.875 \text{l/s} \\ - \quad \text{EFICIENCIA} &= 0.85 \\ - \quad 0.60 < V < 0.75 \text{m/s} \end{aligned}$$

DISEÑO DE LA REJA

AREA LIBRE

$$A_L = E A_C$$

Donde  $A_L$  es el área de paso a través de la reja,  $A_C$  es el área del canal antes de la reja,  $E$  es la eficiencia.

Reemplazando datos y resolviendo:

$$A_L = \frac{85 \times 0.040}{100} = 0.034 \text{m}^2$$



### VELOCIDAD A TRAVES DE LA REJA ( $V_R$ )

$$V_R = \frac{Q}{A_L}$$

Reemplazando datos y resolviendo:

$$V_R = \frac{0.022875}{0.034} = 0.672 \text{m/s}$$

$$0.60 < V_R < 0.75 \quad \text{¡CUMPLE RCN!}$$

### NUMERO DE BARRAS

El numero de barras esta dado por:

$$N = \frac{B}{a + e} \text{ Barras}$$

Donde:

- a es el espaciamiento de las barras
- e es el espesor de las barras

La eficiencia esta dado por:

$$E = \frac{a}{a + e}$$

Donde “a” es el espaciamiento, “e” es el espesor de las barras, resolviendo la ecuación para el espaciamiento:

$$a = \frac{E e}{1 - E}$$

Para un espesor de barras de 6mm, el espaciamiento de barras es:

$$a = \frac{0.85 \times 6}{1 - 0.85} = 34 \text{mm}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$N = \frac{B}{a + e}, \quad N = \frac{0.40}{0.034 + 0.06} = 10 \text{barras}$$

El detalle de la CAMARA DE REJAS se muestra en el PLANO N° 22



### 5.11.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE ALIVIO (VERTEDERO LATERAL)

La estructura de alivio comprenderá un vertedero lateral de cresta ancha, adosado al canal de ingreso y un canal circular de PVC de descarga del caudal excedente al río Vizcarra en época de lluvias.

#### DATOS DE DISEÑO

-	TIRANTE	( $Y_0$ ) =	0.10m
-	CAUDAL MAXIMO HORARIO	( $Q_{MH}$ ) =	0.022875m <sup>3</sup> /s
-	CAUDAL D	( $Q_D$ ) =	0.047505m <sup>3</sup> /s
-	COTA DE ENTRADA	( $C$ ) =	3212.12m
-	LONGITUD DE CANAL INGRESO	( $L$ ) =	10.70m
-	VELOCIDAD DE ENTRADA	0.6 < $V$ <	3.00

La ecuación del vertedero de cresta ancha es: <sup>(13)</sup>

$$Q = 1.70LH^{3/2}$$

Donde L es la longitud del vertedero, H es la altura del vertedero, despejando la altura de la ecuación anterior:

$$H = \left( \frac{Q}{1.70L} \right)^{2/3}$$

#### DISEÑO DE VERTEDERO

-	Longitud del vertedero (L)	=	2.00
-	Caudal vertedero ( $Q_E$ )	=	$Q_D - Q_{MH} = 24.63$ /s
-	$H = \left( \frac{Q}{1.70L} \right)^{2/3}$	=	$\left( \frac{0.02463}{1.70 \times 2.00} \right)^{2/3} = 0.037$ m.

Altura del vertedero asumida:

$$H = 0.10\text{m}$$

#### DISEÑO DEL CANAL DE EXCEDENCIAS

VELOCIDAD MINIMA ASUMIDA

$$V = 0.60\text{m/s}$$

ANCHO DE CANAL (B)

$$B = \frac{Q}{V Y_0}$$

Reemplazando datos y operando:



$$B = \frac{0.022875}{0.60 \times 0.10} = 0.381\text{m}$$

Ancho asumido:

$$B = 0.40\text{m}$$

PENDIENTE (S)

$$S = \left( \frac{Q \eta}{A R^{2/3}} \right)^2$$

$$- A = 0.40 \times 0.10 = 0.030\text{m}^2$$

$$- P = \frac{0.30 \times 0.10}{(2 \times 0.10 + 0.40)} = 0.06\text{m}$$

Reemplazando datos y resolviendo:

$$S = \left( \frac{0.022875 \times 0.013}{0.040 \times 0.06^{2/3}} \right)^2 = 0.0020$$

Pendiente asumida:

$$S = 0.0020$$

VELOCIDAD DE ENTRADA

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

Reemplazando datos y resolviendo:

$$V = \frac{0.022875}{0.40 \times 0.10} = 0.719\text{m/s}$$

$$0.60 < V \quad \text{¡CUMPLE!}$$

COTA DE SALIDA

$$\text{COTA DE ENTRADA} - \text{LONGITUD} \times \text{PENDIENTE} = 3212.12 - 10.70 \times 0.0020$$

$$\text{COTA DE SALIDA} = 3212.10\text{m}$$

El detalle del VERTEDERO LATERAL se muestra en el PLANO N° 23



#### 5.11.4 DISEÑO DEL DESARENADOR (ANEXO III)

El desarenador será una estructura de concreto armado de flujo horizontal, de forma rectangular, colocado a la salida de la cámara de rejillas, su propósito será la retención del material suspendido en las aguas residuales como: fragmentos de metal, arena, gravas (diámetros menores a 1”).

En el diseño se tomaran las consideraciones especificadas en el Reglamento Nacional de Construcción:

- Será de limpieza manual.
- Se diseñara para partículas de diámetro mayor o igual a 0.02cm.
- La velocidad de flujo estará comprendida entre los 0.24 y 0.36m/s.
- La longitud del desarenador será 1.5 veces la longitud teórica calculada. Y la relación entre la longitud y la profundidad deberá ser mayor o igual a 25.

#### DATOS DE DISEÑO

-	$Q_{MH}$	=	22.875 l/s
-	$S_{ARENA}$	=	2.65
-	$D_{ARENA}$	=	0.02
-	L/P	=	25

#### VELOCIDAD HORIZONTAL

La velocidad horizontal ( $V_h$ ), esta dada por:

$$V_a = 161\sqrt{\phi} \text{ cm/s} \quad (66)$$

Reemplazando datos en la ecuación anterior:

$$V_h = 161\sqrt{D_{ARENA}} = 161\sqrt{0.02}$$

$$V_h = 22.768 \text{ cm/s}$$



## AREA TRANSVERSAL

El area transversal se calcula como:

$$A_T = K \frac{Q}{V_h}$$

En la ecuación anterior Q es el caudal máximo horario,  $V_h$  la velocidad horizontal, K coeficiente de seguridad ( $K = 2$ ), reemplazando datos, y resolviendo:

$$A_T = 2 \frac{.02875}{0.22768} = 0.200\text{m}^2$$

## PROFUNDIDAD DEL DESARENADOR

Asumiendo un ancho (B) de 0.80m, la profundidad del desarenador es:

$$P = \frac{A_T}{B}, \quad P = \frac{0.200}{0.80} = 0.25\text{m}$$

## LARGO DEL DESARENADOR

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción la relación mínima entre el largo y la profundidad del desarenador debe ser de 25, entonces:

$$\frac{L}{P} = 25$$

Despejando el largo (L) de la ecuación

$$L = 25P, \quad L = 25 \times 0.25 = 6.25\text{m}$$

## VELOCIDAD HORIZONTAL

La velocidad horizontal se calcula por:

$$V_h = \frac{Q}{A} = \frac{0.022875}{0.200} = 0.114\text{m/s}$$

$$0.114\text{m/s} < 0.30\text{m/s} \quad \text{¡CORRECTO!}$$

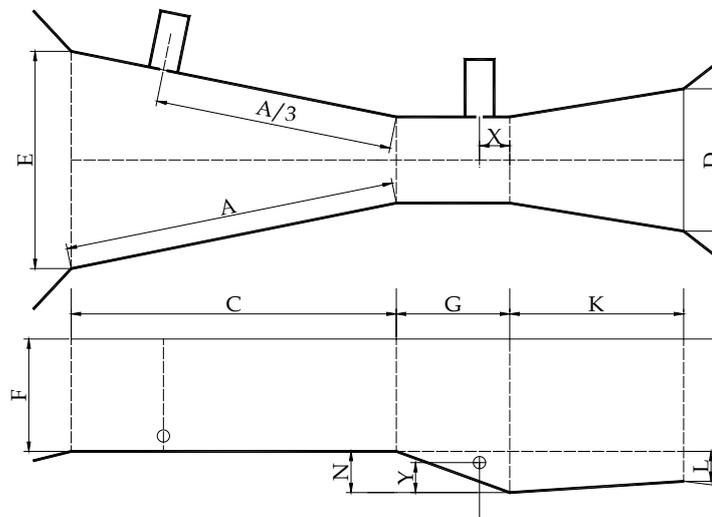
El detalle del DESARENADOR se muestra en el PLANO N° 24

### 5.11.5 DISEÑO DEL MEDIDOR DE CAUDALES <sup>(18)</sup>

El Reglamento Nacional de Construcción especifica que toda planta de tratamiento de aguas servidas debe contar con un medidor de caudal, y la velocidad deberá comprobarse para caudal máximo, promedio y mínimo.

En la planta de tratamiento de desagües de la ciudad de La Unión, se instalara un medidor de régimen crítico del tipo Parshall. <sup>(17)</sup> (Ver figura N° 22)

FIGURA N° 22  
DETALLES DE MEDIDOR PARSHALL



FUENTE: HIDRÁULICA. COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL S.A

### DATOS DE DISEÑO

-	$Q_{MH}$	=	22.875 l/s
-	$Q_{MINIMO}$	=	2.2875 l/s

Para las condiciones anteriores los valores de las variables se dan a continuación:

A = 0.88m	B = 0.23m	C = 0.86m	D = 0.38m
E = 0.58m	F = 0.76m	G = 0.31m	K = 0.46m
L = 0.08m	N = 0.11m	X = 0.05m	Y = 0.08m

El detalle del MEDIDOR PARSHALL en el PLANO N° 22



### 5.11.6 DISEÑO TRAMPA DE GRASAS <sup>(16)</sup>

La trampa de grasas será una estructura de concreto armado de flujo horizontal, de forma rectangular, del medidor de caudales, su propósito será la retención de los aceites y grasas suspendidas en las aguas residuales

En el diseño se tomaran las siguientes consideraciones:

- Será de limpieza manual.
- Se diseñara para partículas de diámetro mayor o igual a 0.005cm.
- La longitud de la trampa de grasas será 1.5 veces la longitud teórica calculada. Y la relación entre la longitud y la profundidad deberá ser mayor o igual a 25.

#### DATOS DE DISEÑO

-	$Q_{MH}$	=	22.875 l/s
-	$S_{ACEITE\ 10^{\circ}C}$	=	0.90
-	$\nu$	=	$260 \times 10^{-2} \text{cm}^2 / \text{s}$
-	ACEITE	=	0.001cm/s
-	TIEMPO DE RETENCION	=	5 minutos (mínimo)
-	L/P	=	25

#### VELOCIDAD HORIZONTAL

La velocidad de arrastre ( $V_a$ ), esta dada por:

$$V_a = 125 \sqrt{(1 - S_{ACEITE}) g \phi_{ACEITE}} \text{ cm/s}$$

Reemplazando datos en la ecuación anterior:

$$V_a = 125 \sqrt{(1 - 0.90) \times 980 \times 0.001} = 39.151 \text{ cm/s}$$

La velocidad horizontal ( $V_H$ ), esta dada por:

$$V_H = 0.10 V_a$$

$$V_H = 0.10 \times 39.151 = 0.39151 \text{ cm/s}$$



## LONGITUD DE LA TRAMPA DE GRASAS

La longitud de la trampa de grasas (L) esta dada por:

$$L = V_H \times T_{RETENCION} m$$

Tomando como tiempo de retención 1 hora (3600 segundos), reemplazando en la ecuación anterior:

$$L = 0.3915 \times 3600 = 1409.44 \text{cm}$$

## AREA TRANSVERSAL

El área transversal de la trampa de grasas ( $A_t$ ) esta dada por:

$$A_t = \frac{Q}{V_h} m^2$$

Reemplazando datos:

$$A_t = \frac{0.022875}{0.003915} = 5.84 m^2$$

## PROFUNDIDAD DE LA TRAMPA DE GRASAS

Asumiendo un ancho de 1.80m para la trampa de grasas la profundidad (P) será de:

$$P = \frac{5.84}{1.80} = 3.25 m$$

El detalle de la TRAMPA DE GRASAS se muestra en el PLANO N° 25



### 5.12.0 LAGUNAS FACULTATIVAS CONSIDERACIONES GENERALES <sup>(14)</sup>

Una laguna facultativa es una estructura de tratamiento de los desechos líquidos domésticos procedentes del alcantarillado de la ciudad de La Unión, que utiliza procesos, biológicos, químicos y físicos, para la auto purificación natural de las aguas negras. Los factores que afectan estos procesos son:

- El tiempo de retención.
- La profundidad de la laguna.
- Carga aplicada de DBO.
- Temperatura del agua residual.

Los procesos de diseño de lagunas facultativas son imprecisos, se basan muchas veces en la experiencia acumulada a través de los años, por lo que el diseño se basara en el uso del RNC, el cual precisa lo siguiente:

- La temperatura de diseño será el promedio del mes mas frío, (temperatura del agua).
- El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de 0.60 a 1.0l/d para 20°C.
- La carga superficial de diseño para lagunas facultativas se determinara con la siguiente expresión:

$$C_d = 250 \times 1.05^{T-20} \quad (93)$$

En donde:

$C_d$  es la carga superficial de diseño en KgDBO/ (Ha. día), T la temperatura del agua promedio del mes mas frío en °C

- Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas, la profundidad de la laguna debe ser mayor a 1.5metros.
- Para la adecuada remoción de parásitos intestinales el periodo mínimo de retención nominal es de 10 días, y se calculará con la siguiente expresión

$$P = \frac{D Z L}{Q_{MH}} \quad (94)$$

- El coeficiente de mortalidad neto puede ser corregido con la siguiente relación de dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20} \times 1.05^{T-20} \quad (95)$$

Donde:

$K_T$  es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua T

promedio del mes mas frío, en °C,  $K_{20}$  es el coeficiente de mortalidad neto a 20°C

- La reducción de bacterias de cualquier tipo, será indicada en términos de coliformes fecales, para tal efecto se usara el modelo de flujo disperso.
- El borde libre no será menor de 0.50m
- La eficiencia de la remoción (flujo disperso) de los coliformes fecales se calculará mediante la ecuación de Thirumurthi <sup>(13)</sup>:

$$C = C_0 \frac{4ae^{\frac{1-a}{2d}}}{(1+a)^2} \quad (96)$$

Al parámetro “a”, se le denomina factor adimensional y se calcula por:

$$a = \sqrt{1 + 4 K_T PR_{\text{corregido}} d} \quad (97)$$

Donde d se denomina Número de dispersión y se calcula:

$$d = \frac{1.158 [PR_{\text{CORREGIDO}} (W + 2Z)]^{0.489} W^{1.511}}{(T + 42.50)^{0.734} (L Z)^{1.489}} \quad (98)$$

Donde:

- PR CORREGIDO : Periodo de retención corregido, en dias
- L : Largo de la laguna en metros
- W : Ancho de la laguna en metros
- Z : Profundidad de la laguna en metros
- T : Temperatura del agua del mes mas frío en °C
- C : Coliformes fecales luego del tratamiento
- C<sub>0</sub> : Coliformes fecales antes del tratamiento
- e : Base de los logaritmos naturales.

- El factor de dispersión en el modelos de flujo disperso se determina según la forma de la laguna, de acuerdo a la TABLA N° 19 FACTOR DE DISPERSION

TABLA N° 19  
FACTOR DE DISPERSION

RELACION LARGO/ANCHO	FACTOR DE DISPERSION
1	1
2	0,5
4	0,25
8	0,12

FUENTE: REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

- Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas, y se sugiere que la relación largo/ancho mínima sea 2.



### 5.12.1 DISEÑO DE LA LAGUNA FACULTATIVA

El diseño de la laguna facultativa se realizó en base a los siguientes datos:

#### DATOS DE DISEÑO

- $Q_{MH}$  = 22.875 l/s = 1976.4 m<sup>3</sup>/día
- Población = 6,588 hab.
- Temperatura = 10 °C
- Borde libre = 0.50m.
- $DBO_{desague}$  = 64.35 mg/l = 0.06435 Kg/m<sup>3</sup>

#### CARGA SUPERFICIAL DE DISEÑO

En el diseño de lagunas de estabilización (aeróbicas, facultativas, o anaeróbicas), se define como carga superficial ( $C_d$ ) de diseño a la relación:

$$C_d = \frac{C}{A_s} = \frac{DBO_{DESAGUE} \times Q_{MH}}{nA_s} \quad (99)$$

Donde  $C$  es la carga orgánica en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales de la ciudad de La Unión, a los 5 días y una temperatura de 20°C en Kg/día,  $n$  es la cantidad de lagunas,  $A_s$  es el área superficial de las lagunas facultativas en hectáreas. De acuerdo al RNC el área superficial (Ecuación 93) es igual a:

$$C_d = 250 \times 1.05^{T-20} Ha \quad (93)$$

Igualando la ecuación (93) y ecuación (99)

$$250 \times 1.05^{T-20} = \frac{DBO_{DESAGUE} \times Q_{MH}}{2A_s}$$

Despejando datos y resolviendo para  $A_s$  (dos lagunas en paralelo)

$$A_s = \frac{DBO_{DESAGUE} \times Q_{MH}}{2 \times 250 \times 1.05^{T-20}} = \frac{0.06435 \times 1976.4}{2 \times 250 \times 1.05^{10-20}} = 0.41433 Ha = 4143.30 m^2$$



## PERIODO DE RETENCION

El periodo de retención para una adecuada remoción de parásitos intestinales de las aguas residuales esta dada por la Ecuació (94):

$$P = \frac{DLZ}{Q_{MH}} = \frac{nA_s Z}{Q_{MH}} \text{ días} \quad (94)$$

Donde **P** es el periodo de retencion, **A<sub>s</sub>** es el área superficial de la lagunas facultativas, **Z** la profundidad y **Q<sub>MH</sub>** es el caudal maximo horario

No se considera pérdidas por infiltración, y evaporación.

El RNC especifica que el periodo de retención mínimo es de 10 días, entonces

$$\frac{nA_s Z}{Q_{MH}} > 10 \text{ días} \quad (95)$$

Reemplazando datos y resolviendo

$$Z = \frac{10Q_{MH}}{nA_s} = \frac{10 \times 1976.4}{2 \times 4143.30} = 2.39m$$

El valor de la profundidad de la laguna asumido será de 3.00 metros

## DIMENSIONES DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION

### AREA SUPERFICIAL

El área de la laguna es 4143.30m<sup>2</sup>, y la relación largo ancho es de 3.

$$A_s = LW = 3W^2 = 4143.30m^2$$

Luego el ancho (W) es 37.16 metros y el largo (L) es 111.49 metros, tomado un coeficiente de seguridad de dos, tendremos en definitiva:

Ancho (W) = 75 metros

Largo (L) = 225 metros

## LAGUNA PRIMARIA

CALCULO DEL PERIODO DE RETENCION:

$$P = \frac{nA_s Z}{Q_{MH}} \quad (94)$$

$$P = \frac{2 \times 75 \times 225 \times 3.00}{1976.4} = 51.23 \text{ días}$$

La remoción de coliformes fecales calculará mediante la ecuación de Thirumurthi.

a) PERIODO DE RETENCION CORREGIDO ( $PR_{CORREGIDO}$ )

$$PR_{CORREGIDO} = PR \times F_{CH} = 51.23 \times 0.60 = 30.74 \text{ días}$$

b) NUMERO DE DISPERSION (d)

$$d = \frac{1.158 [PR_{CORREGIDO} (W + 2Z)]^{0.489} W^{1.511}}{(T + 42.50)^{0.734} (LZ)^{1.489}} \quad (98)$$

$$d = \frac{1.158 [25.61(75 + 2 \times 2.50)]^{0.489} 75^{1.511}}{(10 + 42.50)^{0.734} (225 \times 2.5)^{1.489}} = 0.1208$$

c) COEFICIENTE DE MORTALIDAD NETO ( $K_T$ )

$$K_T = K_{20} \times 1.05^{T-20} \quad (95)$$

$$K_T = 0.60 \times 1.05^{10-20} = 0.368$$

d) FACTOR ADIMENSIONAL (a)

$$a = \sqrt{1 + 4K_T \times PR_{CORREGIDO} \times d} \quad (97)$$

$$a = \sqrt{1 + 4 \times 0.368 \times 30.74 \times 0.1208} = 2.5438$$

Aplicando la ecuación de Thirumurthi.

$$C = C_0 \frac{4ae^{\frac{1-a}{2d}}}{(1+a)^2} \quad (96)$$

$$C = 15 \times 10^7 \frac{4 \times 2.5362 e^{\frac{1-2.5438}{2 \times 0.1208}}}{(1 + 2.5438)^2} = 203984.52 > 1000 \text{ UFC/100ml}$$

La concentración de coliformes fecales es mayor a la permisible, entonces es necesario colocar otra laguna en serie con las anteriores



## LAGUNA SECUNDARIA

Tomando las mismas dimensiones de las lagunas primarias

PERIODO DE RETENCION:

$$P = \frac{nA_s Z}{Q_{MH}} \quad (94)$$

$$P = \frac{2 \times 75 \times 225 \times 3.00}{1976.4} = 51.23 \text{ días}$$

b) PERIODO DE RETENCION CORREGIDO ( $PR_{CORREGIDO}$ )

Para lagunas secundarias el  $F_{CH}$  es igual a 0.70

$$PR_{CORREGIDO} = PR \times F_{CH} = 51.23 \times 0.70 = 35.86 \text{ días}$$

b) NUMERO DE DISPERSION (d)

$$d = \frac{1.158 [PR_{CORREGIDO} (W + 2Z)]^{0.489} W^{1.511}}{(T + 42.50)^{0.734} (LZ)^{1.489}} \quad (98)$$

$$d = \frac{1.158 [29.88(75 + 2 \times 3.00)]^{0.489} 75^{1.511}}{(10 + 42.50)^{0.734} (225 \times 3.00)^{1.489}} = 0.1303$$

c) COEFICIENTE DE MORTALIDAD NETO ( $K_T$ )

$$K_T = K_{20} \times 1.05^{T-20} \quad (95)$$

$$K_T = 0.60 \times 1.05^{10-20} = 0.368$$

d) FACTOR ADIMENSIONAL (a)

$$a = \sqrt{1 + 4K_T \times PR_{CORREGIDO} \times d} \quad (97)$$

$$a = \sqrt{1 + 4 \times 0.368 \times 25.61 \times 0.144112} = 2.808$$

Aplicando la ecuación de Thirumurthi.

$$C = C_0 \frac{4ae^{\frac{1-a}{2d}}}{(1+a)^2} \quad (96)$$

$$C = 203984.52 \frac{4 \times 2.5362 e^{\frac{1-2.808}{2 \times 0.1303}}}{(1+2.808)^2} = 153.33 < 1000 \text{ UFC/100ml}$$

La concentración de coliformes fecales es menor a la permisible. El sistema tendrá cuatro lagunas, dos en serie y dos en paralelo.



### 6.00.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Forman parte de estas especificaciones, todas las notas y detalles que aparecen en los planos de detalles así como las recomendaciones indicadas en las siguientes normas:

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Requisitos de Construcción: ACI 318-89
- Practica Recomendable para medir, mezclar y colar concreto: ACI 614-59
- Practica Recomendable para Construir Encofrado para concreto: ACI 347-63
- Especificaciones de agregados para concreto: ASTM-C-33-IT
- Método Standard de Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto moldeado: ASTM-C-39-61

### 6.01.0 ESPECIFICACIONES

Las presentes especificaciones describen el trabajo que deberá realizarse para la ejecución de la obra Civil del proyecto, las especificaciones técnicas se muestran en su totalidad en el Anexo V.

Todos los trabajos sin excepción se desenvolverán dentro de las mejores prácticas constructivas y estarán sujetos a la aprobación y plena satisfacción de la Supervisión a fin de asegurar la correcta ejecución.

### 6.02.0 ERRORES U OMISIONES.

De los errores u omisiones que puedan encontrarse en el presente Expediente Técnico, tanto en diseño, planos, serán consultados con el Proyectista quien deberá proponer la solución, la que deberá poner en conocimiento del Ingeniero Supervisor y del Ingeniero Residente.

### 6.03.0 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Los Equipos y Herramientas necesarios para la correcta ejecución de la Obra deben ser previstos por el Ingeniero Residente en su debida oportunidad, de tal manera que no se originen atrasos en el avance de la Obra.



#### **6.04.0 TRABAJOS PRELIMINARES**

Estos son los relacionados a los trabajos previos a la ejecución de la obra.

##### **6.04.1 TRAZO Y REPLANTEO**

El trazo y replanteo comprende los trabajos de topografía necesarios para la ubicación y el trazo de las estructuras contempladas en los planos del proyecto..

##### **6.05.0 CONCRETO**

El concreto para todas las partes de la obra, deberá ser de la calidad especificada en los planos, será colocado sin segregación y cuando endurezca deberá desarrollar las características requeridas por estas especificaciones. El esfuerzo de compresión especificado del concreto para cada porción de la estructura indicada en los planos, estará basado en la fuerza de compresión alcanzada a los 28 días, a menos que se indique otro tiempo diferente.

##### **6.06.0 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**

Esta especificación comprende todo tipo de trabajo de carpintería de madera necesario para el moldeado del concreto, los encofrados producirán superficies acabadas que estén libres de rebajes, estrías, ondulaciones, áreas cóncavas o convexas dentro de las tolerancias especificadas.

##### **6.07.0 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Comprende los trabajos de excavación del terreno (cortes), refine, colocación de cama de apoyo, rellenos y eliminación del material excedente, necesarios para adecuar el terreno a los niveles establecidos en las obras por ejecutar.

##### **6.08.0 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE PVC**

Estas especificaciones comprenden el suministro, transporte, almacenamiento y condiciones de instalación de tuberías y accesorios de Poli cloruro de Vinilo (PVC).



#### **6.09.0 PRUEBA DE TUBERIAS DE PVC A ZANJA ABIERTA**

Estas especificaciones definen las pruebas a que se someterán las tuberías de PVC, tanto de agua potable como de desagüe

#### **6.10.0 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE PVC**

Los cambios de dirección, reducciones, cruces, tees, codos, puntos muertos, etc. deben sujetarse por medio de bloques de concreto, dejando libres las uniones para su fácil descubrimiento en caso de necesidad,

#### **6.11.0 DESINFECCIÓN DE TUBERÍAS PARA AGUA POTABLE**

Todas las líneas de agua potable, antes de ser puestas en servicio, serán completamente desinfectadas de acuerdo con el procedimiento que se indica en la presente especificación y en todo caso, de acuerdo a los requerimientos que puedan señalar los Ministerios de SALUD y VIVIENDA.

#### **6.12.0 ALBAÑILERIA**

Se describe en este párrafo los materiales y procedimientos para construcciones que emplean ladrillo de arcilla cocida, recomendaciones de buena ejecución y normas en relación a la estabilidad, de acuerdo con los planos respectivos.

#### **6.13.0 CARPINTERIA METALICA**

Esta especificación contienen los requerimientos que corresponden a los trabajos de carpintería metálica de esta obra, como puertas, ventanas, rejas, etc., que se ejecutarán según lo indicado en los planos.

#### **6.14.0 .CONEXION DOMICILIARIA**

Toda conexión domiciliaria de agua potable, consistirá de los trabajos externos de conexión de la tubería de agua potable con los domicilios de los usuarios, incluye la caja de medidor de agua, Su instalación se hará perpendicularmente a la matriz de agua.

Serán de tipo simple y sólo se instalarán conexiones domiciliarias directas en las líneas de conducción de diámetros menores a 250 mm. ( $\varnothing$  10")



## 7.00.0 PARTIDAS

El presente Capítulo contiene los Metrados, Costos, y Presupuestos del Proyecto Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de la Ciudad de La Unión de Huánuco, en el capítulo se estudiará la incidencia de los precios de las diferentes partidas del proyecto, se estudiarán el sistema de agua potable y la ampliación del sistema de desagüe

Las partidas a analizar serán:

- Trabajos preliminares
- Movimiento de tierras.
- Obras de Concreto simple
- Albañilería
- Obras de concreto armado
- Instalación de tuberías
- Carpintería Metálica
- Otros.

### 7.00.1 TRABAJOS PRELIMINARES

En los trabajos preliminares la partida considera el trazo y replanteo de las diferentes estructuras que comprende el proyecto como son la instalación de tuberías, las estructuras de concreto armado y simple etc., la unidad de medida será el metro cuadrado.

### 7.00.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

En el movimiento de tierras las actividades consideradas dentro del presupuesto son:

- Excavación manual para cimentación
- Excavación manual de zanja (0.60x1.20)
- Refine de excavación
- Cama de apoyo (e=0.10m)
- Relleno de zanja con material selecto (e=0.30m)
- Relleno y compactado con material propio
- Eliminación de material excedente



### 7.00.3 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

Las obras de concreto simple consideras en esta partida son:

- Solados ( $e=0.10$ )
- Cimiento corrido C: H; 1:10+30% P.G.
- Sobre cimiento C:H; 1:8+30% P.M:

### 7.00.4 ALBAÑILERIA

La partida de albañilería comprende la colocación y vestidura de los muros y tabiques de ladrillo.

### 7.00.5 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

Las obras de concreto armado de esta partida están constituidas por:

- Encofrado y desencofrado de concreto expuesto (cara vista)
- Acero  $f'y=4200$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Concreto  $f_c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>

### 7.00.6 INSTALACION DE TUBERIAS

Esta partida corresponde a la instalación de todo tipo de tuberías de PVC, que estén consideradas en el proyecto.

### 7.00.7 INSTALACION DE ACCESORIOS

La instalación de accesorios comprende la instalación de válvulas, colocación de codos, tees, cruces, etc., que muestren los planos.

### 7.00.8 CARPINTERIA METALICA

La partida de carpintería metálica cubre todas las estructuras metálicas como tapas de metal, compuertas, barandas, etc., que están especificadas y detalladas en los planos de las diferentes estructuras que contemple el proyecto.



### **7.00.9 INSTALACIONES DOMICILIARIAS**

Las instalaciones domiciliarias comprende la instalación de una conexión de agua de ½” de diámetro por usuario.

### **7.00.10 PRUEBAS DE CALIDAD**

Las pruebas de calidad se refieren a las pruebas necesarias para la verificación de la calidad de concreto y correcta instalación de las tuberías.

En las pruebas de concreto se consideran pruebas de rotura de probetas de concreto mediante compresión. En las tuberías se verificara estanqueidad y presiones de trabajo máximas que se especifiquen en las especificaciones técnicas.

### **7.00.11 DESINFECCION DE TUBERIAS**

La desinfección de tuberías comprende la limpieza y desinfección de las tuberías del sistema de agua potable con cloro de acuerdo a las normas establecidas por el Ministerio de Salud.

### **7.01.0 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

A continuación se presentan los metrados, costos y presupuesto del Sistema de Agua Potable, cabe indicar que el valor del presupuesto es la suma del costo directo, el 8% de utilidades, y un 12% de gastos generales, a este costo se le ha incrementado el 19% por concepto del Impuesto General a las Ventas. En insumos se han considerado mano de obra, materiales y equipos. Los costos unitarios así como el presupuesto desagregado se muestran en el Anexo VII

Las partidas consideradas en el Sistema de Agua Potable son:

- Sistema de distribución.
- Línea de aducción.
- Línea de conducción.
- Caseta de válvulas.
- Reservorio.
- Captación.



**CUADRO 53**  
**METRADO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	SISTEMA DE DISTRIBUCION	LINEA DE ADUCCION	LINEA DE CONDUCCION	CASETA DE VALVULAS	RESERVORIO	CAPTACION	MERADO TOTAL (1/2)
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>								
1.10	TRAZO Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	3646.20	128.80	115.80	13.13	149.57	37.00	4090.50
<b>2.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>								
2.01	EXCAVACION MANUAL PARA CIMENTACION	m <sup>3</sup>				4.96	620.70	85.75	711.41
2.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA (0.60X1.20)	m <sup>3</sup>	2916.96	103.40	92.64				3113.00
2.03	REFINE DE EXCAVACION	m <sup>2</sup>	3646.20	128.80	115.80				3890.80
2.04	CAMA DE APOYO DE ARENA (e=0.10)	m <sup>3</sup>	364.62	12.88	11.58				389.08
2.05	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL SELECTO (e=0.30)	m <sup>3</sup>	1093.86	38.64	34.74				1167.24
2.06	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO	m <sup>3</sup>	1823.10	64.40	57.90				1945.40
2.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m <sup>3</sup>	1604.33	56.87	50.95		682.76	94.25	2489.16
<b>3.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>								
3.01	SOLADO e=0.10m	m <sup>2</sup>				1.30	149.57	37.00	187.87
3.02	CIMIENTO CORRIDO C:H:1:10+30% P.G.	m <sup>3</sup>				4.96			4.96
3.03	SOBRE CIMIENTO C:H:1:10+30% P.M.	m <sup>3</sup>				0.70			0.70
<b>4.00</b>	<b>ALBAÑILERIA</b>								
4.01	MUROS Y TABIQUES	m <sup>2</sup>				15.75			15.75
<b>5.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>								
5.01	ENCOFRADO CONCRETO EXPUESTO (CARA VISTA)	m <sup>2</sup>				13.13	578.31	76.80	668.24
5.02	ACERO fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Kg				263.16	10832.42	5262.90	16358.48
5.03	CONCRETO fc=280 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>				5.85	119.12	18.62	143.59
<b>6.00</b>	<b>INSTALACION DE TUBERIAS</b>								
6.01	TUBERIA I I mm	m	648.00		193.00	12.00			853.00
6.02	TUBERIA I O I mm	m	349.00						349.00
6.03	TUBERIA I I I mm	m	1590.00	214.66		36.00			1840.66
6.04	TUBERIA mm	m	3425.00						3425.00
<b>7.00</b>	<b>ACCESORIOS</b>								
7.01	SUMINISTRO E INS. DE VALVULA COMPUERTA ( =75mm)	UNIDAD	9.00						9.00
7.02	SUMINISTRO E INS. DE VALVULA COMPUERTA ( =110mm)	UNIDAD				4.00		6.00	10.00
7.03	SUMINISTRO E INS. DE VALVULA COMPUERTA ( =160mm)	UNIDAD				1.00			1.00
7.04	SUMINISTRO E INS. DE VALVULA CREPINA ( =110mm)	UNIDAD	1.00					1.00	2.00
7.05	REDUCCION DE 160mm A 140mm (PVC)	UNIDAD	9.00						9.00
7.06	REDUCCION DE 140mm A 110mm	UNIDAD	4.00						4.00
7.07	REDUCCION DE 110mm A I mm	UNIDAD	8.00						8.00
7.08	REDUCCION DE I mm A mm	UNIDAD	17.00						17.00
7.09	TEE 160mm X 160mm X 160mm (PVC)	UNIDAD	8.00						8.00
7.10	TEE I O I mm X 140mm X 140mm	UNIDAD	6.00						6.00
7.11	TEE 110mm X 110mm X 110mm	UNIDAD	1.00			3.00			4.00
7.12	TEE 75mm X mm X mm	UNIDAD	3.00						3.00
7.13	CODO 90° X 160mm X 160mm (PVC)	UNIDAD	1.00						1.00
7.14	CODO 90° X 140mm X 140mm	UNIDAD	1.00						1.00
7.15	CODO 90° X 110mm X 110mm	UNIDAD	2.00			7.00			9.00
7.16	CODO 90° X mm X mm	UNIDAD	1.00						1.00
7.17	CODO 22.5° X 160mm X 160mm	UNIDAD	3.00			2.00			5.00
7.18	CODO 22.5° X 140mm X 140mm	UNIDAD	2.00						2.00
7.19	CODO 22.5° X 110mm X 110mm	UNIDAD	2.00			2.00			4.00
7.20	CODO 22.5° X mm X mm	UNIDAD	1.00						1.00
7.21	JUNTAS WATER STOP DE 100mm	m					625.80		625.80
7.22	TAPON mm (PVC)	UNIDAD	7.00						7.00
7.23	CRUZ mm X mm X mm X 75mm	UNIDAD	7.00						7.00



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	SISTEMA DE DISTRIBUCION	LINEA DE ADUCCION	LINEA DE CONDUCCION	CASETA DE VALVULAS	RESERVORIO	CAPTACION	MERADO TOTAL (2/2)
<b>8.00</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>								
8.01	VENTANA METALICA	m <sup>2</sup>				0.50			0.50
8.02	PUERTA CON PLANCHA METALICA	m <sup>2</sup>				2.73			2.73
8.03	TAPA METALICA P/RESERVORIO ( =0.30)	UNIDAD				1.00			1.00
8.04	ESCALERA DE TUBO F°G° C/PARANTE DE 50mm X PELDAÑO	m				30.00			30.00
8.05	COMPUERTA METALICA 0.60x0.30	UNIDAD						1.00	1.00
<b>9.00</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>								
9.01	CONEXIONES DOMICILIARIAS	UNIDAD	640.00						640.00
<b>10.00</b>	<b>PRUEBAS DE CALIDAD</b>								
10.01	PRUEBAS DE CALIDAD DE CONCRETO	UNIDAD					40.00	10.00	50.00
10.02	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA I 1mm	m	648.00		193.00	12.00			853.00
10.03	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA I 0.5mm	m	349.00						349.00
10.04	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA I I 1mm	m	1590.00	214.66		36.00			1840.66
10.05	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA mm	m	3425.00						3425.00
<b>11.00</b>	<b>DESINFECCION DE TUBERIAS</b>								
11.01	DESINFECCION DE TUBERIA I 1mm	m	648.00		193.00	12.00			853.00
11.02	DESINFECCION DE TUBERIA I 0.5mm	m	349.00						349.00
11.03	DESINFECCION DE TUBERIA I I 1mm	m	1590.00	214.66		36.00			1840.66
11.04	DESINFECCION DE TUBERIA mm	m	3425.00						3425.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CUADRO 54

**PRESUPUESTO SISTEMA DE AGUA POTABLE**

ITEM	PARTIDAS	SISTEMA DE DISTRIBUCION	LINEA DE ADUCCION	LINEA DE CONDUCCION	CASETA DE VALVULAS	RESERVORIO	CAPTACION	COSTO DIRECTO
1.00	OBRAS PRELIMINARES	3208.66	113.34	101.90	11.55	131.62	32.56	3599.64
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	351869.98	12442.74	11175.05	157.78	25534.27	3526.95	404706.78
3.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	0.00	0.00	0.00	986.81	3134.99	775.52	4897.32
4.00	ALBAÑILERIA	0.00	0.00	0.00	832.39	0.00	0.00	832.39
5.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	0.00	0.00	0.00	4021.75	118637.05	31754.90	154413.70
6.00	INSTALACION DE TUBERIAS	99669.36	3644.93	4487.25	890.28	0.00	0.00	108691.82
7.00	ACCESORIOS	12754.05	0.00	0.00	3091.68	11195.56	2862.18	29903.47
8.00	CARPINTERIA METALICA	0.00	0.00	0.00	3476.22	0.00	97.99	3574.21
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS	118835.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	118835.20
10.00	PRUEBAS DE CALIDAD	5231.55	188.90	231.60	46.08	600.00	150.00	6448.13
11.00	DESINFECCION DE TUBERIAS	9604.91	339.16	787.44	105.84	0.00	0.00	10837.35
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>601173.71</b>	<b>16729.08</b>	<b>16783.25</b>	<b>13620.38</b>	<b>159233.49</b>	<b>39200.09</b>	<b>846740.00</b>
	UTILIDADES (8%)	48093.90	1338.33	1342.66	1089.63	12738.68	3136.01	67739.20
	GASTOS GENERALES (12%)	72140.85	2007.49	2013.99	1634.45	19108.02	4704.01	101608.80
	<b>PARCIAL</b>	<b>721408.45</b>	<b>20074.89</b>	<b>20139.90</b>	<b>16344.46</b>	<b>191080.19</b>	<b>47040.11</b>	<b>1016088.01</b>
	IGV	137067.61	3814.23	3826.58	3105.45	36305.24	8937.62	193056.72
	<b>COSTO TOTAL SI.</b>	<b>858476.06</b>	<b>23889.12</b>	<b>23966.48</b>	<b>19449.91</b>	<b>227385.43</b>	<b>55977.73</b>	<b>1209144.73</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**CUADRO 55**  
**COSTO DE INSUMOS SISTEMA DE AGUA POTABLE**

INSUMO		SISTEMA DE DISTRIBUCION	LINEA DE ADUCCION	LINEA DE CONDUCCION	CASETA DE VALVULAS	RESERVORIO	CAPTACION	COSTO INSUMO
MANO DE OBRA	MONTO S/.	319169.48	10171.31	9630.50	2031.29	55942.90	9530.21	406475.69
	%	78.52	2.50	2.37	0.50	13.76	2.34	100.00
MATERIALES	MONTO S/.	240853.02	5160.25	5877.87	11234.21	95237.42	27995.83	386358.60
	%	62.34	1.34	1.52	2.91	24.65	7.25	100.00
EQUIPOS	MONTO S/.	41151.21	1397.51	1274.87	354.88	8053.17	1674.06	53905.71
	%	76.34	2.59	2.36	0.66	14.94	3.11	100.00
COSTO DIRECTO	MONTO S/.	601173.71	16729.07	16783.24	13620.38	159233.49	39200.10	846740.00
	%	71.00	1.98	1.98	1.61	18.81	4.63	100.00
	S/m <sup>2</sup>	164.88	129.88	144.93	1037.74	1064.61	1059.46	207.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 7.02.0 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO DE LA AMPLIACION DEL SISTEMA DE DESAGÜE Y PLANTA DE TRATAMIENTO

A continuación se presentan los metrados, costos y presupuesto de la Ampliación del Sistema de de desagüe y Planta de Tratamiento. Se indica que el valor del presupuesto es la suma del costo directo, el 8% de utilidades, y un 12% de gastos generales, a este costo se le ha incrementado el 19% por concepto del Impuesto General a las Ventas. En insumos se han considerado mano de obra, materiales y equipos. Los análisis de costos unitarios así como el presupuesto desagregado se muestran en el Anexo VII

Las partidas consideradas en la Ampliación y mejoramiento del sistema de desagüe son:

- Colector Emisor
- Cámara de rejillas
- Vertedero.
- Desarenador.
- Medidor Parshall.
- Trampa de grasas.
- Tubería y Caja de distribución.
- Cámara de descarga.
- Laguna de tratamiento



**CUADRO 56**  
**METRADO DE SISTEMA DE DESAGUE**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO									METRADO 1/2
			COLECTOR Y EMISOR	CAMARA DE REJAS	VERTEDERO	DESARENADOR	MEDIDOR PARSHALL	TRAMPA DE GRASAS	TUBERIA Y C. DISTIB	CAMARA DE DESCARGA	LAGUNA DE TRATAMIENTO	
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>											
1.10	TRAZO Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	2183.00	9.03	6.45	10.45	2.43	33.00	117.87	104.40	245.68	2712.31
<b>2.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>											
2.01	EXCAVACION MANUAL PARA CIMENTACION	m <sup>3</sup>									147.41	147.41
2.02	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA	m <sup>3</sup>	3996.25	179.73	107.09	290.68	66.34	746.11	123.69	7242.57	170776.86	183529.31
2.03	EXCAVACION DE BUZONES	m <sup>3</sup>	119.81									119.81
2.04	REFINE DE EXCAVACION	m <sup>2</sup>	1964.70									1964.70
2.05	CAMA DE APOYO DE ARENA (e=0.10)	m <sup>3</sup>	196.47									196.47
2.06	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL SELECTO (e=0.30)	m <sup>3</sup>	1178.82									1178.82
2.07	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO	m <sup>3</sup>	2817.43									2817.43
2.08	RELLENO C/MATERIAL PROPIO	m <sup>3</sup>									13336.79	13336.79
2.09	RELLENO C/MATERIAL PRESTAMO (ARCILLA)	m <sup>3</sup>									13938.90	13938.90
2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m <sup>3</sup>	1644.61	98.86	63.38	150.24	33.27	195.09	30.25	1201.79	157602.22	161019.71
<b>3.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>											
3.01	SOLADO e=0.10m	m <sup>2</sup>	8.36	9.03	6.45	10.45	2.43	43.68	2.43	104.40		187.23
3.02	BUZONES H=2.00m, =1.20m	UNIDAD	31.00									31.00
3.03	BUZONES H=3.00m, =1.50m	UNIDAD	3.00						8.00			11.00
3.04	BUZONES H=4.00m, =1.80m	UNIDAD	2.00									2.00
3.05	BUZONES H=5.00m, =2.00m	UNIDAD	1.00									1.00
3.06	CAJA DE CONCRETO 80X80X80	UNIDAD							2.00			2.00
3.07	CONCRETO CICLOPEO f <sub>c</sub> =210Kg/cm <sup>2</sup> + 30 % PM.	m <sup>3</sup>									147.41	147.41
3.08	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> . EN MUROS	m <sup>3</sup>									27.64	27.64
3.09	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m <sup>2</sup>									368.52	368.52
<b>5.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>											
5.01	ENCOFRADO CONCRETO EXPUESTO (CARA VISTA)	m <sup>2</sup>		36.71	21.35	42.52	13.43	276.67	16.36	710.74	690.98	1808.74
5.02	ACERO f <sub>y</sub> =4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Kg		173.93	138.92	84.72	16.55	4249.78	94.01	7546.52	1252.97	13557.40
5.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =280 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>		3.96	2.44	4.28	1.31	34.33	2.42	159.62		208.37
<b>6.00</b>	<b>INSTALACION DE TUBERIAS</b>											
6.01	TUBERIA 150mm	m	638.00									638.00
6.02	TUBERIA 100mm	m	526.00									526.00
6.03	TUBERIA 75mm	m	83.00									83.00
6.04	TUBERIA 50mm	m	936.00									936.00
6.05	TUBERIA 25mm	m						24.00	192.40	8.00		224.40



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO									METRADO 2/2	
			COLECTOR Y EMISOR	CAMARA DE REJAS	VERTEDERO	DESARENADOR	MEDIDOR PARSHALL	TRAMPA DE GRASAS	TUBERIA Y C. DISTIB	CAMARA DE DESCARGA	LAGUNA DE TRATAMIENTO		
<b>7.00</b>	<b>ACCESORIOS</b>												
7.09	TEE 160mm X 80mm X 80mm (PVC)	UNIDAD						1.00					1.00
7.14	CODO 90° X 140mm X 140mm	UNIDAD						2.00					2.00
<b>8.00</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>												
8.01	REJA METALICA	m <sup>2</sup>		2.88									2.88
8.02	COMPUERTA 30X60m	UNIDAD			1.00								1.00
8.03	BARANDA DE FIERRO 1mm	m						10.00					10.00
8.04	COMPUERTA 0.75X0.45	UNIDAD								8.00			8.00
8.05	TAPAS DE FIERRO	UNIDAD								8.00			8.00
8.06	ESCALERA ADOSADA (GATO)	UNIDAD								8.00			8.00
8.07	MALLA GALVANIZADA 3"	m <sup>2</sup>										1289.82	1289.82
<b>9.00</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>												
9.01	CONEXIONES DOMICILIARIAS	UNIDAD	100.00										100.00
<b>10.00</b>	<b>PRUEBAS DE CALIDAD</b>												
10.01	PRUEBAS DE CALIDAD DE CONCRETO	UNIDAD	37.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	12.00	3.00		71.00
10.02	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA 1mm	m	638.00										638.00
10.03	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA 1.5mm	m	526.00										526.00
10.04	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA 1.5mm	m	83.00										83.00
10.05	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA 5mm	m	936.00										936.00
10.06	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERIA 8mm	m						24.00	192.40	8.00	0.00		224.40
<b>11.00</b>	<b>OTROS</b>												
10.02	ATAGUIA DE MADERA	UNIDAD		4.00	4.00	1.00				2.00			11.00
10.03	GAVIONES	m										787.90	787.90

FUENTE ELABORACION PROPIA



**CUADRO 57**  
**PRESUPUESTO COLECTOR, EMISOR Y PLANTA DE TRATAMIENTO**

ITEM	PARTIDA	COLECTOR Y EMISOR	CAMARA DE REJAS	VERTEDERO	DESARENADOR	MEDIDOR PARSHALL	TRAMPA DE GRASAS	TUBERIA Y C. DISTIB	CAMARA DE DESCARGA	LAGUNA DE TRATAMIENTO	COSTO DIRECTO
1.00	OBRAS PRELIMINARES	1921.04	7.95	5.68	9.20	2.14	29.04	103.73	91.87	216.20	2386.83
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	129045.61	1819.64	1122.15	2861.16	644.35	5728.13	931.83	49735.60	3030160.47	3222048.93
3.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	44799.42	189.27	135.19	219.03	50.95	915.53	1261.13	12213.10	51078.32	110861.94
5.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	0.00	4691.24	2928.83	4852.93	1478.98	48575.86	2418.41	140297.81	50540.58	255784.64
6.00	INSTALACION DE TUBERIAS	113327.12	0.00	0.00	0.00	0.00	2040.00	16354.00	680.00	0.00	132401.12
7.00	ACCESORIOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	352.88	0.00	0.00	0.00	352.88
8.00	CARPINTERIA METALICA	0.00	324.84	97.99	0.00	0.00	506.00	0.00	1775.28	205094.28	207798.38
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS	15578.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15578.00
10.00	PRUEBAS DE CALIDAD	2529.59	33.75	33.75	33.75	33.75	81.72	328.12	147.24	33.75	3255.42
11.00	OTROS	0.00	481.00	481.00	120.25	0.00	0.00	240.50	0.00	103207.02	104529.77
	<b>COSTO DIRECTO</b>	307200.77	7547.67	4804.58	8096.32	2210.17	58229.17	21637.72	204940.90	3440330.62	4054997.92
	<b>UTIDADES (8%)</b>	24576.06	603.81	384.37	647.71	176.81	4658.33	1731.02	16395.27	275226.45	324399.83
	<b>GASTOS GENERALES (12%)</b>	36864.09	905.72	576.55	971.56	265.22	6987.50	2596.53	24592.91	412839.67	486599.75
	<b>PARCIAL</b>	368640.92	9057.20	5765.50	9715.59	2652.20	69875.00	25965.27	245929.08	4128396.74	4865997.50
	<b>IGV (19%)</b>	70041.78	1720.87	1095.45	1845.96	503.92	13276.25	4933.40	46726.53	784395.38	924539.53
	<b>PRESUPUESTO S/.</b>	438682.70	10778.07	6860.95	11561.55	3156.12	83151.25	30898.67	292655.61	4912792.12	5790537.03

FUENTE: ELABORACION PROPIA



**CUADRO 58**  
**COSTO DE INSUMOS COLECTOR, EMISOR Y PLANTA DE TRATAMIENTO**

INSUMO		COLECTOR Y EMISOR	CAMARA DE REJAS	VERTEDERO	DESARENADOR	MEDIDOR PARSHALL	TRAMPA DE GRASAS	TUBERIA Y C. DISTIB	CAMARA DE DESCARGA	LAGUNA DE TRATAMIENTO	COSTO TOTAL
MANO DE OBRA	MONTO S/.	88445.81	4126.85	2590.77	5228.63	1321.42	20981.97	2448.44	125523.01	1857442.93	2108109.83
	%	4.20	0.20	0.12	0.25	0.06	1.00	0.12	5.95	88.11	100.00
MATERIALES	MONTO S/.	201420.52	3136.25	2029.99	2562.51	803.41	34814.14	19033.45	71113.94	919472.09	1254386.30
	%	16.06	0.25	0.16	0.20	0.06	2.78	1.52	5.67	73.30	100.00
EQUIPOS	MONTO S/.	17334.44	284.58	183.82	305.17	85.34	2433.06	155.83	8303.95	663415.59	692501.79
	%	2.50	0.04	0.03	0.04	0.01	0.35	0.02	1.20	95.80	100.00
COSTO DIRECTO	MONTO S/.	307200.77	7547.67	4804.58	8096.32	2210.17	58229.17	21637.72	204940.90	3440330.62	4054997.92
	%	7.58	0.19	0.12	0.20	0.05	1.44	0.53	5.05	84.84	100.00
	S/./ X m <sup>2</sup>	140.72	835.84	744.90	774.77	909.23	1764.52	183.57	1963.04	14003.30	21319.89

FUENTE: ELABORACION PROPIA



## 8.00.0 CONCLUSIONES

Los servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de La Unión de la Provincia de Dos de Mayo, del Departamento de Huánuco tienen una antigüedad de más de cincuenta años de haber sido utilizados, los materiales empleados son de fierro fundido para el Sistema de Agua Potable y de tuberías de concreto y PVC para el Sistema de Desagüe.

El Motivo de la presente tesis ha sido evaluar las características actuales de los Sistemas de Agua y Desagüe, y en base de las mismas proyectar un nuevo sistema utilizando dentro de lo posible las estructuras existentes, adecuándolas para satisfacer las condiciones de la población futura establecida, con un periodo de diseño de veinte años.

Fruto de este estudio se indican a continuación las siguientes conclusiones:

1. El Sistema de Agua Potable que incluye obras de Captación, reservorio de almacenamiento, línea de aducción y de Conducción, y Sistema de Distribución por haber alcanzado más de cincuenta años de vida útil y presentar serias deficiencias hidráulicas y estructurales deben ser sustituidas en su totalidad.
2. Para mejora la calidad del agua captada ha sido necesario diseñar un desarenador, con el que no se contaba inicialmente.
3. Las tuberías sugeridas para los sistemas de conducción y distribución del agua ha sido propuesto con material plástico (PVC), con un  $C_{H\&W} = 140 \sqrt{\frac{\text{pies}}{\text{seg}}}$  y clase A-5.
4. El reservorio de almacenamiento de concreto armado ( $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$ ) de 600 m<sup>3</sup> de capacidad es apoyado y de sección circular de 13 metros de diámetro, una altura de 4.50 metros.
5. En el sistema de alcantarillado se ha mantenido las tuberías de PVC existentes a excepción de el colector principal que discurre a lo largo de los jirones Comercio y Dos de Mayo, paralelos al río Vizcarra, que tuvo que ser modificado en su totalidad (Buzones, tuberías y conexiones domiciliarias), utilizado igualmente tuberías de PVC.



6. Se ha diseñado una planta de Tratamiento de Desagües, utilizando cuatro lagunas facultativas (serie-paralelo) de 75X225X3 para purificar las mismas antes de verterlas al río Vizcarra.
7. Los buzones cambiados son en número de 37, de los cuales (31) el 83.7% son menores de 2.00 metros y el 8.1% (3) están en el rango de 2 a 3 m.
8. Las velocidades de las tuberías de desagüe se encuentran en el rango de 0.60m/s a 3.00m/s.
9. El costo total del Sistema de Agua potable y Mejoramiento del Sistema de Desagüe asciende a la suma de 6'999,681.75 nuevos soles, el costo del Sistema de Agua Potable es de 1'209,144.74 que representa el 17.27% del costo total y el Sistema de Desagüe asciende a la suma de 5'790,537.01 que equivale a 82.73% del costo total

#### **8.01.0 RECOMENDACIONES**

Debido al alto costo del Sistema de Desagüe en lo concerniente a la Planta de Tratamiento de Desagües, se sugiere que la misma debe de ser realizada en dos periodos de 10 años

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Arrocha Simon Abastecimientos de Agua, Limusa 1977
- 2 Capen, C. H Journal AWWA. Volumen 29, p. 201.1937
- 3 Centro Regional de Ayuda Tecnica (AID) Manual de Saneamiento desechos. 1965
- 4 Espinoza Ramos, O. A. Perfil Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de la Unión. Municipalidad Provincial de Dos de Mayo-Huánuco-Perú. 2004.
- 5 Fair G.M, Geyer J. Ch, Okun D.A. Water and Wastewater Removal, John Wiley & Sons, Volumen I y II, 1966
- 6 Giles, Ranald V. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Colección Schaum, 1976.
- 7 Godoy, M. Informe Geológico del Proyecto Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Desagüe de la Unión., 2005.
- 8 Gorchakov, GI Materiales de Construcción, Editorial Mir. 1984.
- 9 Ibañez Burga, C. Apuntes del Curso Abastecimiento.
- 10 Lauria, D. T. Planning Small water supplies in Developing countries". Office of health Agency for International Development. Chapel Hill. N.C. 1972.
- 11 Moral, Fernando Hormigón Armado, Editorial Dossat, 1962
- 12 Nicoll Eterplast S.A. Catálogo NTP-ISO 4422, Tuberías y Accesorios a presión de PVC., 2004.
- 13 Reglamento Nacional de Construcción Edición Agosto 2004
- 14 Romero Rojas, Jairo Alberto Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición 1999.
- 15 Santillan Herrera, Mirko Tesis: Proyecto de rediseño y ampliación de los sistemas de desagüe de las ciudades de Luya y Lamud, FIC, UNI
- 16 Steel, Ernest W. Abastecimiento de agua y alcantarillado, Editorial Gustavo Pili S.A. Tercera Edición 1965.
- 17 Streeter, Victor L. Mecánica de los fluidos. Libros McGraw-Hill, Cuarta Edicion, 1977.
- 18 Trueba Coronel, Samuel Hidráulica. Compañía Editorial Continental S.A.,1970