

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES



EXAMEN DE GRADO
NIVEL LICENCIATURA

DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA
UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR

Trabajo de aplicación de examen de grado para la obtención del grado de Licenciatura

POR: EDDY APAZA QUISPE

LA PAZ-BOLIVIA

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES

TRABAJO DE APLICACIÓN

**DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA UN EDIFICIO
MULTIFAMILIAR**

Presentado por: Univ. Eddy Apaza Quispe

Para optar el grado académico de Licenciado en Construcciones Civiles.

Nota numeral:

Nota literal:

Ha sido

Director de la carrera Construcciones Civiles: M. Sc. Ing. Carlos Méndez Cárdenas

Coordinador: Lic. Wilfredo Arratia Guachalla

Tribunal: Ing. Edgar Salinas Fuentes

Tribunal: Ing. María N. Otero Valle

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por brindarme el vivir, conocimientos y virtudes para ser una buena persona y cumplir con mis metas en la vida

A mi familia por apoyarme en los buenos y malos momentos, para realizar mis estudios.

A los docentes de la carrera, por haber brindado sus conocimientos y por darme consejos necesarios sobre el área laboral.

A la facultad de tecnología, carrera de construcciones civiles por abrirme las puertas y así expandir mis conocimientos y formarme como profesional.

ÍNDICE

1	CAPITULO I.....	9
1.1	INTRODUCCIÓN.....	9
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	10
1.4	OBJETIVOS.....	10
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2	CAPITULO II.....	11
2.1	MARCO TEORICO	11
2.1.1	DOTACIÓN DE AGUA	11
2.1.2	SISTEMA INDIRECTO CON BOMBEO.....	12
2.1.3	TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	12
2.1.4	DISEÑO DE LA ACOMETIDA	12
2.1.5	MEDIDORES DE AGUA	13
2.1.6	TUBERIA DE IMPULSIÓN.....	13
2.1.7	TUBERIA DE SUCCIÓN.....	13
2.1.8	ALTURA MANOMETRICA	13
2.1.9	POTENCIA DE LA BOMBA	14
2.1.10	VELOCIDADES DE DISEÑO.....	14
2.1.11	FÓRMULA PARA LOS DIAMETROS.....	15
2.1.12	FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS UNITARIAS (J).....	15
2.1.13	TUBERIA DE P.V.C.....	15
3	CAPITULO III.....	16
3.1	ASPECTOS GENERALES	16
3.1.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO	16
3.1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	17
3.1.3	DISPONIBILIDAD DE SERVICIO	17
4	CAPITULO IV.....	18
4.1	MEMORIA DE CÁLCULO	18
4.1.1	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	18
4.1.2	CÁLCULO DE DOTACIÓN DIARIA.....	18
4.1.3	DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	19

4.1.4	DISEÑO HIDRAULICO DE LA ACOMETIDA	20
4.1.5	DIMENSIONAMIENTO DEL MICROMEDIDOR.....	21
4.1.6	VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN DE ENTRADA AL CISTERNA.....	22
4.1.7	DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN.....	22
4.1.8	DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.....	23
4.1.9	CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMETRICA	24
4.1.10	POTENCIA DE LA BOMBA	24
4.1.11	CÁLCULO DE DIAMETROS, VELOCIDADES Y PERDIDAS DE CARGA AL ARTEFACTO MÁS DESFAVORABLE.....	26
4.1.12	VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN EN EL ARTEFACTO MAS DESFAVORABLE.....	29
5	CONCLUSIONES.....	30
6	BIBLIOGRAFÍA	31
7	ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dotación de agua de acuerdo a número de dormitorios por departamento	11
Tabla 2 Solicitudes máximas para hidrómetros tipo velocidad	13
Tabla 3 Área de construcción por planta.....	17
Tabla 4 Cálculo de dotación de agua.....	19
Tabla 5 Verificación del diámetro de la tubería por pérdida y velocidad H.W.....	21
Tabla 6 Solicitudes máximas para hidrómetros tipo velocidad	21
Tabla 7 Cálculo de la longitud equivalente	22
Tabla 8 Cálculo de presión de entrada al cisterna	22
Tabla 9 Verificación del diámetro de la tubería según H.W.....	23
Tabla 10 Tubería de succión	23
Tabla 11 Tubería de impulsión	24
Tabla 12 Cálculo de diámetros, velocidades y pérdidas de carga al artefacto más desfavorable	26
Tabla 13 Pérdidas de carga localizadas longitud equivalente accesorios y válvulas	27

ANEXOS

Anexo 1 Plano en planta "Planta baja".....	32
Anexo 2 Plano en planta "1° piso al 4° piso"	33
Anexo 3 Plano en planta "Ubicación del tanque elevado en la cubierta"	34
Anexo 4 Plano en corte "Ubicación del tanque cisterna y tanque elevado"	35
Anexo 5 Plano isométrico "Red de distribución".....	36
Anexo 6 Tabla de velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable	37
Anexo 7 Tabla de unidades de gasto por artefacto sanitario. Metodo Hunter	37
Anexo 8 Tabla de caudales máximos probables. Método Hunter	38
Anexo 9 Tabla de factores de pérdida de carga por accesorios	40

RESUMEN

El presente trabajo de aplicación está referido al diseño y cálculo del sistema de agua potable para un edificio multifamiliar “Edificio Laura”. Que se encuentra ubicado en la ciudad de El Alto, Zona senkata-Av. Incahuasi. Para el diseño y cálculo de dotación de agua potable se realizó de acuerdo al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA).

Para el diseño y cálculo, necesitamos saber que presión de agua está llegando al lugar de la edificación para saber qué tipo de sistema de abastecimiento de agua debemos realizar. Según las informaciones de EPSAS la presión que llega a la matriz es insuficiente, lo cual no abastece directamente al edificio. Se optó por un sistema indirecto con bombeo, y se calculó la dotación de agua y repartirla entre un tanque cisterna y un tanque elevado, de esta manera el edificio podrá ser alimentada por gravedad desde el tanque elevado.

Para realizar la red de distribución, saber las velocidades, saber los diámetros y las presiones. Optamos calcular por el método de Roy B. Hunter, para este método se lo realiza sabiendo la cantidad de artefactos sanitarios y sus respectivas unidades de gasto y los caudales máximos probables.

Se debe tomar en cuenta los planos arquitectónicos para la instalación de los tanques de almacenamiento, el equipo de bombeo y realizar la red de distribución de agua potable.

SUMMARY

This application work refers to the design and calculation of the drinking water system for a multi-family building "Edificio Laura". Which is located in the city of El Alto, Zona senkata-Av. Incahuasi. For the design and calculation of drinking water provision, it was carried out in accordance with the National Regulation of Home Sanitary Facilities (RENISDA).

For the design and calculation, we need to know what water pressure is reaching the building site in order to know what kind of water supply system we should make. According to information from EPSAS, an available pressure of 20 m.c.a. which does not directly supply the building. An indirect system with pumping was chosen, and the amount of water was calculated and distributed between a cistern tank and an elevated tank, in this way the building could be fed by gravity from the elevated tank.

To make the distribution network, know the speeds, know the diameters and pressures. We opted to calculate by the method of Roy B. Hunter, for this method it is done knowing the number of sanitary devices and their respective units of expenditure and the probable maximum flows.

The architectural plans for the installation of the storage tanks, the pumping equipment and the potable water distribution network must be taken into account.

1 CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En la construcción de un edificio, uno de los aspectos importantes es el abastecimiento de agua potable para el consumo, preparación de alimentos, higiene de todas las personas que viven en él y la limpieza que realizan en el hogar.

El presente trabajo de aplicación consiste en diseñar y calcular el abastecimiento de agua potable que será suministrada con presión necesaria desde la matriz hacia el edificio, a todos los artefactos sanitarios de acuerdo a los gastos requeridos por estos. La presión del agua no suele ser suficiente para hacer llegar el agua a edificios muy altos, por lo cual es necesario optar por un sistema de abastecimiento de agua. Para este caso un sistema indirecto con bombeo, donde se procede a instalar un tanque cisterna, equipo de bombeo y un tanque elevado, para lo cual se debe determinar el volumen de agua necesaria para el consumo en el edificio y también el diámetro de la conexión.

La instalación sanitaria estará provista por:

Un medidor regulador del consumo de agua, que estará a cargo por la entidad de “EPSAS”.

El sistema de alimentación y distribución de agua, estará provista de llaves de paso, válvulas reductoras de presión, en donde se los requiera.

El edificio, consta de 5 plantas:

Planta baja; primer piso; segundo piso; tercer piso y cuarto piso.

Número de artefactos:

18 inodoros, 18 lavamanos, 9 duchas, 5 lavaplatos, 4 lavaderos de ropa, 1 grifo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo de aplicación es realizado para un edificio multifamiliar, el diseño y cálculo del sistema de abastecimiento de agua potable para el edificio Laura debe pasar por una revisión técnica. Este proceso nos ayudará a que la instalación, la dotación de agua, las velocidades, las presiones sean suficientes y adecuadas según los requerimientos del edificio, con estos datos se

podrá dimensionar las tuberías y accesorios del edificio. Estas instalaciones deben cumplir la funcionalidad y la duración correctamente.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo aplicativo se justifica académicamente porque nos permite aplicar los conocimientos, procedimientos y metodologías para realizar el diseño y cálculo hidráulico del sistema de agua potable.

El presente trabajo está orientado al diseño y cálculo de la dotación de agua potable, los tanques de almacenamiento y la red de distribución del agua.

El trabajo aplicativo se justifica socialmente porque proporciona una solución de dotación de agua en condiciones de salubridad con un impacto ambiental sostenible.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y calcular el sistema de agua potable para el edificio Laura.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar un sistema de agua potable para el edificio, para su buen funcionamiento.
- Calcular la dotación de agua necesaria para abastecer a todo el edificio.
- Dimensionar los tanques de almacenamiento considerando la dotación de agua, el volumen contra incendios y para otros usos.
- Realizar el diseño hidráulico del sistema de impulsión.
- Realizar la red de distribución de agua, cálculo de diámetro, velocidades y pérdidas de carga al artefacto más desfavorable.

2 CAPITULO II

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 DOTACIÓN DE AGUA

Para el cálculo del consumo diario en viviendas o edificios multifamiliares, se deberá determinar en primer lugar, la tasa de ocupación de los mismos. El número de habitantes por inmueble se lo define tomando en cuenta el tamaño y el número de dormitorios (social y de servicio) comprendidos en el diseño arquitectónico y/o tomando en cuenta las normas de edificación y construcción que establecen una tasa de ocupación máxima por dormitorio. En general, se recomienda aplicar una tasa de ocupación de dos personas para dormitorios de tipo social y una persona para dormitorios de servicio (RENISDA, 2011, P. 132).

Los edificios multifamiliares, deberán estar dotados de agua potable, de acuerdo con el número de dormitorios de cada departamento.

Tabla 1

Dotación de agua de acuerdo a número de dormitorios por departamento

<i>Número de dormitorios por departamento</i>	<i>Dotación diaria, por depto. en litros</i>
1	400
2	800
3	1200
4	1350
5	1500

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Para garajes y parques de estacionamiento de Vehículos por área cubierta la dotación será de 2 lt/día por m² de área.

Para el personal (portería) la dotación será de 50 lt/persona. Día

2.1.2 SISTEMA INDIRECTO CON BOMBEO

Como volumen útil de almacenamiento se aceptará al menos un volumen igual al consumo diario distribuido 60% (3/5) en el tanque cisterna y 40% (2/5) en el tanque elevado. El volumen se podrá calcular por las siguientes expresiones:

Donde:

$$V_{TC} = 0,6 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,6$$

CD: Consumo diario (L)

$$V_{TE} = 0,4 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,4$$

VTC: Volumen tanque cisterna (L)

VTE: Volumen tanque elevado (L)

VCI: Volumen contra incendios (L)

VOU: Volumen de otros usos (L), enfriamiento de aire acondicionado (L), etc.

2.1.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Toda edificación ubicada en sitio donde el abastecimiento de agua pública no sea continuo o carezca de presión suficiente, deberá estar provista de uno o varios tanques de almacenamiento, que permitan el suministro de agua en forma adecuada a todos los artefactos sanitarios o instalaciones previstas. Tales tanques podrán instalarse en la parte baja (cisterna) en pisos intermedios o en la parte alta del edificio (elevados) (Almaraz, 2008, P. 23).

La fórmula se utilizará para el tanque cisterna y el tanque elevado.

$$\frac{ANCHO}{LARGO} = \frac{B}{L} = \frac{2}{3} \rightarrow L = \sqrt{\frac{3V}{2h}} \quad (h = \text{altura efectiva})$$

2.1.4 DISEÑO DE LA ACOMETIDA

Para el diseño de la acometida, el tiempo de llenado al tanque cisterna no deberá exceder a 6 horas.

$$Q = \frac{\text{consumo diario en litros}}{3600 * N}$$

$$D = 1.4166 * \sqrt{Q}$$

2.1.5 MEDIDORES DE AGUA

Para el dimensionamiento del micromedidor se debe saber la dotación mensual y seleccionar un medidor mediante la siguiente tabla:

Tabla 2
Solicitudes máximas para hidrómetros tipo velocidad

SOLICITUDES MAXIMAS PARA HIDROMETROS TIPO VELOCIDAD						
DIAMETRO		CAP. MEDID.	SOLICITUD MEDIDOR		RANGO DE CONSUMO	
pulg	mm	m3/hr	m3/día	m3/mes	m3/mes	
1/2	13	3	6	90	0	90
3/4	19	5	10	150	91	150
1	25	7	14	210	151	210
1	25	10	20	300	211	300
1 1/2	38	20	40	600	301	600
2	50	30	60	900	601	900

Fuente: Quispe M. 2011

2.1.6 TUBERIA DE IMPULSIÓN

Para el cálculo de la tubería de impulsión se utilizará la fórmula de Bresse junto al caudal de bombeo.

$$Q_b = \frac{\text{vol. tanque elevado}}{4,5 \text{ horas}}$$

$$D = c * \sqrt{Q_{\text{bombeo}}} * X^{\frac{1}{4}} \quad (c = 1.30)$$

$$X = \frac{\text{NUM. HRS BOMBEO}}{24}$$

2.1.7 TUBERIA DE SUCCIÓN

La tubería de succión tendrá un diámetro comercial igual o mayor a la tubería de impulsión.

2.1.8 ALTURA MANOMETRICA

Es recomendable que la sumatoria de las pérdidas de carga, no sea mayor al 10% de la altura manométrica.

$$H_m = H_s + H_d + H_{f \text{ total}} + P_s$$

H_m=Altura manométrica

Hs=Altura de succión

Hd=Altura de impulsión

Hf-total=Perdida de carga total

Ps=Presión artefacto desfavorable

2.1.9 POTENCIA DE LA BOMBA

La potencia teórica del equipo de bombeo se podrá determinar por la siguiente expresión:

Donde:

Pb: Potencia de la bomba en (kW)

$$P_b = \frac{g * Q_b * H_b}{1\ 000 * \eta}$$

H b: Altura manométrica de bombeo (m)

Q b: Caudal de bombeo (L/s)

(n): Eficiencia del equipo motor – bomba $n = n_{motor} * n_{bomba} = 0.6 \text{ a } 0.8$

g: Coeficiente gravitacional, 9,81 (m/s²)

POTENCIA EN HP

$$P = \frac{\gamma * Q_b * H_m}{75 * n}$$

P: Potencia (HP)

γ : Peso específico del agua (kg/m³)

Qb= Caudal de bombeo (m³/seg)

Hm: Altura manométrica (m)

n: Eficiencia conjunto motor-bomba $n = n_{motor} * n_{bomba} = 0.6 \text{ a } 0.8$

2.1.10 VELOCIDADES DE DISEÑO

Se utilizará la ecuación de Hazen Williams que se calcula por la fórmula:

$$V = \frac{6.2Q}{\pi D^2}$$

V=Velocidad (m/s)

D=Diámetro (pulg)

Q=Caudal (l/s)

2.1.11 FÓRMULA PARA LOS DIAMETROS

Se calcula aplicando la fórmula:

$$D = 1.4166\sqrt{Q}$$

D=Diámetro (pulg)

Q=Caudal (l/s)

2.1.12 FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS UNITARIAS (J)

Se calcula aplicando:

$$J = \frac{(100 \frac{Q}{C})^{1.85}}{D^{4.87}} * 0.3437$$

J=Perdida unitaria(m/m)

Q=Caudal (l/s)

D=Diámetro (pulg)

C=Coeficiente de rugosidad (adimensional)

2.1.13 TUBERIA DE P.V.C.

El policloruro de vinilo (P.V.C.) es un material plástico sintético, clasificado dentro de los termoplásticos, materiales que arriba de cierta temperatura se convierten en una masa moldeable, a la que se puede dar la forma deseada, y por abajo de esa temperatura se convierten en sólidos (Carrasco F. 2004).

Ventajas

- Su mayor elasticidad representa una mayor flexibilidad.
- La tubería de P.V.C. es muy liviano
- Resistencia a la corrosión Las tuberías de PVC son inmunes a los tipos de corrosión que normalmente afectan a los sistemas de tuberías.

3 CAPITULO III

3.1 ASPECTOS GENERALES

3.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El edificio se encuentra en el departamento de La Paz, ciudad de El Alto, Zona-Senkata, Av. Incahuasi, que está a una altura de 3959 m.s.n.m.

Coordenadas de ubicación:

LATITUD: 16°35'19.69" S

LONGITUD: 68°11'28.75" O



Figura 1
Ubicación del edificio LAURA. Fuente: Google Earth

3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El área del terreno es de 254 m², el área de construcción esta desglosado en la siguiente tabla:

Tabla 3

Área de construcción por planta

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN		
<i>PLANTA BAJA (H=3.20m)</i>		
1 DEPARTAMENTO	70.96	m2
BAULERA	10.06	m2
PORTERIA	9.30	m2
<i>PRIMER PISO (H=2.7m)</i>		
1 DEPARTAMENTO	140.9	m2
<i>SEGUNDO PISO (H=2.7m)</i>		
1 DEPARTAMENTO	140.9	m2
<i>TERCER PISO (H=2.7m)</i>		
1 DEPARTAMENTO	140.9	m2
<i>CUARTO PISO (H=2.7m)</i>		
1 DEPARTAMENTO	140.9	m2

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 DISPONIBILIDAD DE SERVICIO

Según las informaciones técnicas de EPSAS, la presión disponible que llega a la matriz es insuficiente para alimentar de forma directa al edificio.

4 CAPITULO IV

4.1 MEMORIA DE CÁLCULO

4.1.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para el edificio el sistema de abastecimiento será un “sistema indirecto por bombeo”, tomando en cuenta la altura del edificio y la presión disponible en la red pública.

El presente trabajo se realizará mediante un sistema indirecto por bombeo, estará provisto por:

- Tanque cisterna
- Instalación de bombeo
- Tanque elevado

4.1.2 CÁLCULO DE DOTACIÓN DIARIA

El presente trabajo de aplicación es para un edificio que consta de:

Planta baja: portería, comedor-living, cocina, dormitorio, garaje y compartimientos sanitarios.

Del primer piso al cuarto piso, son departamentos tipo que están provistas de:

Sala de estudio, comedor-living, cocina, dormitorio, lavandería, alacena y compartimientos sanitarios.

Tabla 4*Cálculo de dotación de agua*

CALCULO DE LA DOTACIÓN DIARIA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	DOTACIÓN	CONSUMO (lt/día)
PLANTA BAJA				
Departamento de 1 dormitorio	1	Departamento	400 L/departamento. día	400.00
Garaje	106.8	m ²	2 L/m ² . día	213.60
Porteria	1	Personas	50 L/persona. día	50.00
PRIMER PISO				
Departamentos de 4 dormitorios	1	Departamento	1350 L/departamento. día	1350.00
SEGUNDO PISO				
Departamentos de 4 dormitorios	1	Departamento	1350 L/departamento. día	1350.00
TERCER PISO				
Departamentos de 4 dormitorios	1	Departamento	1350 L/departamento. día	1350.00
CUARTO PISO				
Departamentos de 4 dormitorios	1	Departamento	1350 L/departamento. día	1350.00

DOTACIÓN DIARIA TOTAL = 6063.60 lt/día = 6.06 m³/día

4.1.3 DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para el diseño de tanques de almacenamiento se tomará en cuenta:

$$\text{Dotación diaria} = 6.10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \text{ (adoptamos)}$$

$$\text{Vol. contra incendios} = 400 \text{ lt} * 5 \text{ pisos} = 2000 \text{ lt} = 2 \text{ m}^3 \text{ (adoptamos)}$$

$$\text{Vol. otros usos} = \frac{100 \text{ lt}}{\text{piso}} * 5 \text{ pisos} = 500 \text{ lt} = 0.5 \text{ m}^3$$

4.1.3.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE CISTERNA

60% del volumen total se ira al tanque cisterna según norma

$$V_{TC} = 0,6 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,6$$

$$V_{TC} = 0.6 * 6.1 + (2 + 0.5) * 0.6 = 5.16 \text{ m}^3$$

4.1.3.2 DIMENSIONES DEL TANQUE CISTERNA

Altura util $h = 1.7$ (adoptamos)

$$\frac{ANCHO}{LARGO} = \frac{B}{L} = \frac{2}{3} \rightarrow L = \sqrt{\frac{3V}{2h}}$$

20 cm por ventilación

$$L = 2.15 \text{ m}; B = 1.45 \text{ m}; H = 1.90 \text{ m}$$

$$V_{real} = 2.15 * 1.45 * 1.7 = 5.30 \text{ m}^3 \geq 5.16 \text{ m}^3$$

4.1.3.3 CÁLCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE ELEVADO

40% del volumen total se ira al tanque elevado según norma

$$V_{TC} = 0,4 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,4$$

$$V_{TE} = 0.4 * 6.1 + (2 + 0.5) * 0.4 = 3.44 \text{ m}^3$$

4.1.3.4 DIMENSIONES DEL TANQUE ELEVADO

Altura util $h = 1.3$ (adoptamos)

$$\frac{ANCHO}{LARGO} = \frac{B}{L} = \frac{2}{3} \rightarrow L = \sqrt{\frac{3V}{2h}}$$

20 cm por ventilación

$$L = 2 \text{ m}; B = 1.35 \text{ m}; H = 1.50 \text{ m}$$

$$V_{real} = 2 * 1.35 * 1.3 = 3.51 \text{ m}^3 \geq 3.44 \text{ m}^3$$

4.1.4 DISEÑO HIDRAULICO DE LA ACOMETIDA

Tiempo de llenado al tanque cisterna entre 4 a 6 horas.

$$\text{Dotación diaria} = 8.6 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$T = 4 \text{ hrs (adoptamos)}$$

$$Q = 0.60 \text{ lt/seg}$$

$$D = 1.1 \text{ pulg}$$

$$Q = \frac{\text{consumo diario en litros}}{3600 * N}$$

$$D = 1.4166 * \sqrt{Q}$$

$$J = \frac{(100 * \frac{Q}{C})^{1.85}}{D^{4.87}} * 0.34387$$

$D = 1.5 \text{ pulg (adoptamos)}$

velocidades límites para
aducción de 0,6 a 2

$$V = \frac{6.2 * Q}{\pi * D^2} \quad h_f = J * L$$

Tabla 5

Verificación del diámetro de la tubería por pérdida y velocidad H.W.

DIAMETRO		CAUDAL	J	L	VELOCIDAD	OBS.
pulg	mm	lt/seg	m/m	m	m/seg	
1/2	13	0.6	2.0962	5	4.74	vibración
3/4	19	0.6	0.2910	5	2.11	vibración
1	25	0.6	0.0717	5	1.18	óptimo
1 1/2	38	0.6	0.0100	5	0.53	sedimentación
2	50	0.6	0.0025	5	0.3	sedimentación
2 1/2	63.5	0.6	0.0008	5	0.19	sedimentación

4.1.5 DIMENSIONAMIENTO DEL MICROMEDIDOR

DOTACIÓN DIARIA = $8.6 \text{ m}^3/\text{día}$

DOTACIÓN MENSUAL = $258 \text{ m}^3/\text{mes}$

Tabla 6

Solicitudes máximas para hidrómetros tipo velocidad

DIAMETRO		CAP. MEDID.	SOLICITUD MEDIDOR		RANGO DE CONSUMO	
pulg	mm	m ³ /hr	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /mes	
1/2	13	3	6	90	0	90
3/4	19	5	10	150	91	150
1	25	7	14	210	151	210
1	25	10	20	300	211	300
1 1/2	38	20	40	600	301	600
2	50	30	60	900	601	900

RECOMENDADO

CAPACIDAD = $10 \text{ m}^3/\text{hr}$

DIAMETRO = 1 pulg

4.1.6 VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN DE ENTRADA AL CISTERNA

Tabla 7

Cálculo de la longitud equivalente

N	DESCRIPCION	UND	CANT	PERDIDA	LON. EQUIV.
1	codos 90° 1"	pza	2	0.8	1.6
2	llave de paso 1"	pza	2	0.2	0.4
3	valvula flotador 1"	pza	1	8.2	8.2
4	long. Neta tub 1"	m	5	5	5
					15.2

$$h_f = 15.2m * 0.0717 = 1.09m$$

Tabla 8

Cálculo de presión de entrada al cisterna

DESCRIPCIÓN	perdida m.c.a.	presión disp. m.c.a.	presión residual m.c.a.
perd. carga por fricc. Tub.	1.09	20	17.91
perd.carga medidor	1		
altura geometrica T.C.	0		

2.09

$$PRESIÓN MÍNIMA = 2 m. c. a. \leq 17.91 m. c. a.$$

4.1.7 DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

$$Q_b = \frac{\text{vol. tanque elevado}}{4,5 \text{ horas}}$$

$$V_{te} = 3.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$t = 4.5 \text{ hrs (asumido)}$$

$$Q_b = \frac{3.44}{4.5 * 3600} = 0.000212 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_b = 0.000212 * 1000 = 0.212 \text{ lt/seg}$$

4.1.7.1 TUBERIA DE IMPULSIÓN SEGÚN BRESSE

$$D = c * \sqrt{Q_{bombeo}} * X^{\frac{1}{4}}$$

velocidades límites para
impulsión de 0,6 a 1,3 m/seg

$$X = \frac{\text{NUM. HRS BOMBEO}}{24}$$

$$c = 1.3$$

$$D = 1.3 * \sqrt{0.000212} * \left(\frac{4.5}{24}\right)^{\frac{1}{4}} = 0.01246m * 1000 = 12.46mm$$

$$D = \frac{1}{2} \text{ pulg (adoptamos)}$$

Tabla 9

Verificación del diámetro de la tubería según H.W.

DIAMETRO		CAUDAL	J	L	VELOCIDAD	OBS.
pulg	mm	lt/seg	m/m	m	m/seg	
1/2	13	0.21	0.3006	24.6	1.66	vibración
3/4	19	0.21	0.0417	24.6	0.74	impulsión
1	25	0.21	0.0103	24.6	0.41	succión
1 1/2	38	0.21	0.0014	24.6	0.18	sedimentación
2	50	0.21	0.0004	24.6	0.1	sedimentación
2 1/2	63.5	0.21	0.0001	24.6	0.07	sedimentación

4.1.8 DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

4.1.8.1 TUBERÍA DE SUCCIÓN

Tabla 10

Tubería de succión

N	DESCRIPCION	UND	CANT	PERDIDA	LON. EQUIV.
1	codos 90°	pza	1	0.8	0.8
2	válvula de pie con coladera	pza	1	7.3	7.3
3	válvula de compuerta	pza	1	0.2	0.2
4	long. Tubería	m	2	2	2
					10.3

$$h_f = 10.3m * 0.0103 = 0.106 m$$

4.1.8.2 TUBERIA DE IMPULSIÓN

Tabla 11

Tubería de impulsión

N	DESCRIPCION	UND	CANT	PERDIDA	LON. EQUIV.
1	valvula check	pza	1	1.6	1.6
2	valvula de compuerta	pza	1	0.1	0.1
3	codo de 90°	pza	2	0.7	1.4
4	valvula de compuerta	pza	1	0.1	0.1
5	codo de 90°	pza	1	0.7	0.7
6	valvula de flotador	pza	1	6.7	6.7
7	tuberia de impulsión	m	24.6	24.6	24.6
					35.2

$$h_f = 35.2m * 0.0417 = 1.468m$$

$$h_t = 0.106m + 1.468m = 1.57m$$

4.1.9 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMETRICA

altura de succión = 2 m

altura de impulsión = 24.6 m

$$h_{total} = 1.57 m$$

presión de salida = 2 m. c. a.

$$H_{man} = 2 + 24.6 + 1.57 + 2 = 30.17 m$$

$$\% = \frac{1.57}{30.17} * 100 = 5.20\% \leq 10\%$$

4.1.10 POTENCIA DE LA BOMBA

$$P = \frac{\gamma_a * Q_b * H_m}{75 * \varepsilon}$$

$$\gamma_a = \text{peso específico del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_b = \text{caudal de bombeo} = 0.000212 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$H_m = \text{altura manometrica} = 30.17 \text{ m}$

$\varepsilon = \text{eficiencia del motor - bomba} = 67\%$

$$P = \frac{1000 * 0.000212 * 30.17}{75 * 0.67} = 0.13 \text{ HP}$$

adoptamos $P = 0.15 \text{ HP}$

4.1.10.1 POTENCIA PARA LA INSTALACIÓN

$$P = 0.5 * 0.15 + 0.15 = 0.225 \text{ HP}$$

$$P_{BOMBA} = \frac{1}{4} \text{ HP}$$

4.1.11 CÁLCULO DE DIAMETROS, VELOCIDADES Y PERDIDAS DE CARGA AL ARTEFACTO MÁS DESFAVORABLE

Tabla 12

Cálculo de diámetros, velocidades y pérdidas de carga al artefacto más desfavorable

BLOQUE			ARTEFACTO		N° UNIDADES DE GASTO				GASTOS	DIAMETRO		VELOCIDAD		LONGITUD			PERDIDA DE CARGA		DESNIVEL	P. RESIDUAL	NUDO		
PISO	DE	A	TIPO	NUMERO		PARCIAL	TOTAL	ACUMULAD.	lt/seg	pulg		m/seg		NETA	EQUIV.	TOTAL	UNITARIA	TOTAL	m	m.c.a			
PB	12	13	D,2I,2LV,LP,GR	1,2,2,1,1	2,6,2,3,2,5	2+6+3+2.5	15.5	15.5	0.41	0.907	1	0.809	0,6 a 2,3 OK!	3.20	1.7	4.90	0.0354399	0.174	18.80	17.874	13		
1	11	12	2D,4I,4LV,LP,LR	2,4,4,1,1	4,12,4,3,2	4+12+4+3+2	25	40.5	0.86	1.314	1 1/2	0.754	0,6 a 2,5 OK!	2.70	2.8	5.50	0.0193687	0.107	15.60	14.848	12		
2	10	11	2D,4I,4LV,LP,LR	2,4,4,1,1	4,12,4,3,2	4+12+4+3+2	25	65.5	1.205	1.555	1 1/2	1.057	0,6 a 2,5 OK!	2.70	2.8	5.50	0.0361497	0.199	12.90	12.255	11		
3	9	10	2D,4I,4LV,LP,LR	2,4,4,1,1	4,12,4,3,2	4+12+4+3+2	25	90.5	1.44	1.7	1 1/2	1.263	0,6 a 2,5 OK!	2.70	2.8	5.50	0.0502631	0.276	10.20	9.754	10		
4	1	2	D	1	2	2	2	2	0.13	0.511	1/2	1.026	0,6 a 1,6 OK!	2.00	5.4	7.40	0.1237810	0.916	2.00	2.00	1		
4	2	3	I, LV	1,1	3,1	3+1	4	6	0.22	0.664	3/4	0.772	0,6 a 2,0 OK!	3.30	2.2	5.50	0.0454754	0.250	0.00	4.916	2		
4	3	4	I, LV	1,1	3,1	3+1	4	10	0.3	0.776	1	0.600	0,6 a 2,3 OK!	4.05	2.5	6.55	0.0198846	0.130	0.00	5.166	3		
4	4	5	LR	1	2	2	2	12	0.34	0.826	1	0.671	0,6 a 2,3 OK!	1.20	1.7	2.90	0.0250656	0.073	0.00	5.296	4		
4	5	6	LP	1	3	3	3	15	0.4	0.896	1	0.789	0,6 a 2,3 OK!	3.75	1.7	5.45	0.0338574	0.185	0.00	5.369	5		
4	6	7	D,I, LV	1,1,1	2,3,1	2+3+1	6	21	0.52	1.022	1	1.026	0,6 a 2,3 OK!	2.10	3.3	5.40	0.0550109	0.297	0.00	5.554	6		
4	7	9	I, LV	1,1	3,1	3+1	4	25	0.59	1.088	1	1.164	0,6 a 2,3 OK!	0.40	1.7	2.10	0.0694895	0.146	0.00	5.851	7		
																					1.997	5.997	9
T	8	9						115.5	1.6485	1.819	2	0.813	0,6 a 2,5 OK!	5.00	3.2	8.20	0.0159016	0.13	5.00	4.870	9		
										altura del soporte del tanque 2,5m				7.50	3.2	10.70	0.0159016	0.170	7.50	7.330	9		
																	Σ hf TOTAL=	2.127					
																	Σ hf TOTAL(+2,5m)=	2.167				T-D	

Nota: Para las unidades de gasto por artefacto sanitario se utilizó la tabla n°15 del anexo.

INTERPOLANDO

Para los caudales máximos probables se utilizó la tabla n°16 del anexo.

$$110 \rightarrow 1.61$$

$$115.5 \rightarrow X$$

Para el rango de velocidad se tomó en cuenta la tabla n°14 del anexo.

$$120 \rightarrow 1.68$$

$$X = \frac{(115.5 - 110) * (1.68 - 1.61)}{(120 - 110)} + 1.61 = 1.6485$$

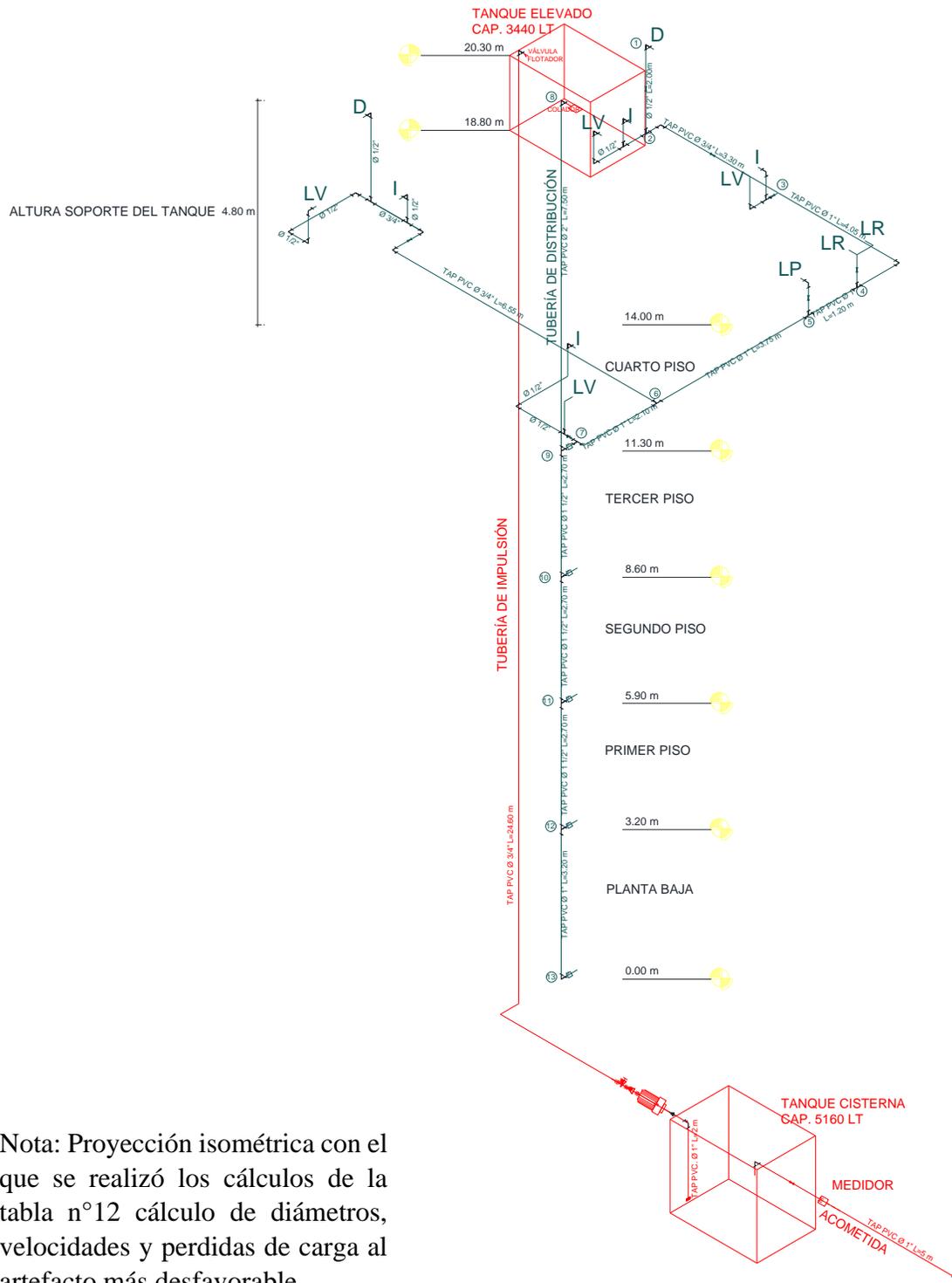
4.1.11.1 PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS LONGITUD EQUIVALENTE ACCESORIOS Y VÁLVULAS

Tabla 13

Pérdidas de carga localizadas longitud equivalente accesorios y válvulas

BLOQUE			DIAMETRO	CODO			T SALIDA BILATERAL			VALVULA GLOBO			VALVULA CORTINA			SALIDA DE TUBERIA			LONG. TOT.
PISO	DE	A	pulg	CANT	L. EQ.	TOTAL	CANT	L. EQ.	TOTAL	CANT	L. EQ.	TOTAL	CANT	L. EQ.	TOTAL	CANT	L. EQ.	TOTAL	(m)
PB	12	13	1				1	1.7	1.7										1.7
1	11	12	1 1/2				1	2.8	2.8										2.8
2	10	11	1 1/2				1	2.8	2.8										2.8
3	9	10	1 1/2				1	2.8	2.8										2.8
4	1	2	1/2	1	0.5	0.5				1	4.9	4.9							5.4
4	2	3	3/4	1	0.7	0.7	1	1.4	1.4				1	0.1	0.1				2.2
4	3	4	1	1	0.8	0.8	1	1.7	1.7										2.5
4	4	5	1				1	1.7	1.7										1.7
4	5	6	1				1	1.7	1.7										1.7
4	6	7	1	2	0.8	1.6	1	1.7	1.7										3.3
4	7	9	1				1	1.7	1.7										1.7
T	8	9	2	1	1.7	1.7										1	1.5	1.5	3.2

Nota: Para las perdidas localizadas, longitud equivalente de accesorios y válvulas se utilizó la tabla n°17 del anexo.



Nota: Proyección isométrica con el que se realizó los cálculos de la tabla n°12 cálculo de diámetros, velocidades y perdidas de carga al artefacto más desfavorable.

Figura 2
Proyección isométrica-red de agua potable para la tabla n°12

4.1.12 VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN EN EL ARTEFACTO MAS DESFAVORABLE

Altura nivel del tanque – ducha = 5 m

Perdida de carga total tanque – ducha = 2.127m

Perdida de carga del medidor = 0.5m

Altura geometrica artefacto mas desfavorable = 2m

Presión de salida artefacto mas desfavorable = 2m. c. a.

Presión min. del art. mas desfv. = 5 – 2.127 – 0.5 – 2 – 2 = –1.627m. c. a.

Como la presión sale un valor negativo es necesario aumentar la altura soporte del tanque

Altura nivel del tanque – ducha = 7.5 m

Perdida de carga total tanque – ducha = 2.167m

Perdida de carga del medidor = 0.5m

Altura geometrica artefacto mas desfavorable = 2m

Presión de salida artefacto mas desfavorable = 2m. c. a.

Presión min. del art. mas desfv. = 7.5 – 2.167 – 0.5 – 2 – 2 = 0.833 m. c. a.

La presión mínima tiene que salir con valor positivo

5 CONCLUSIONES

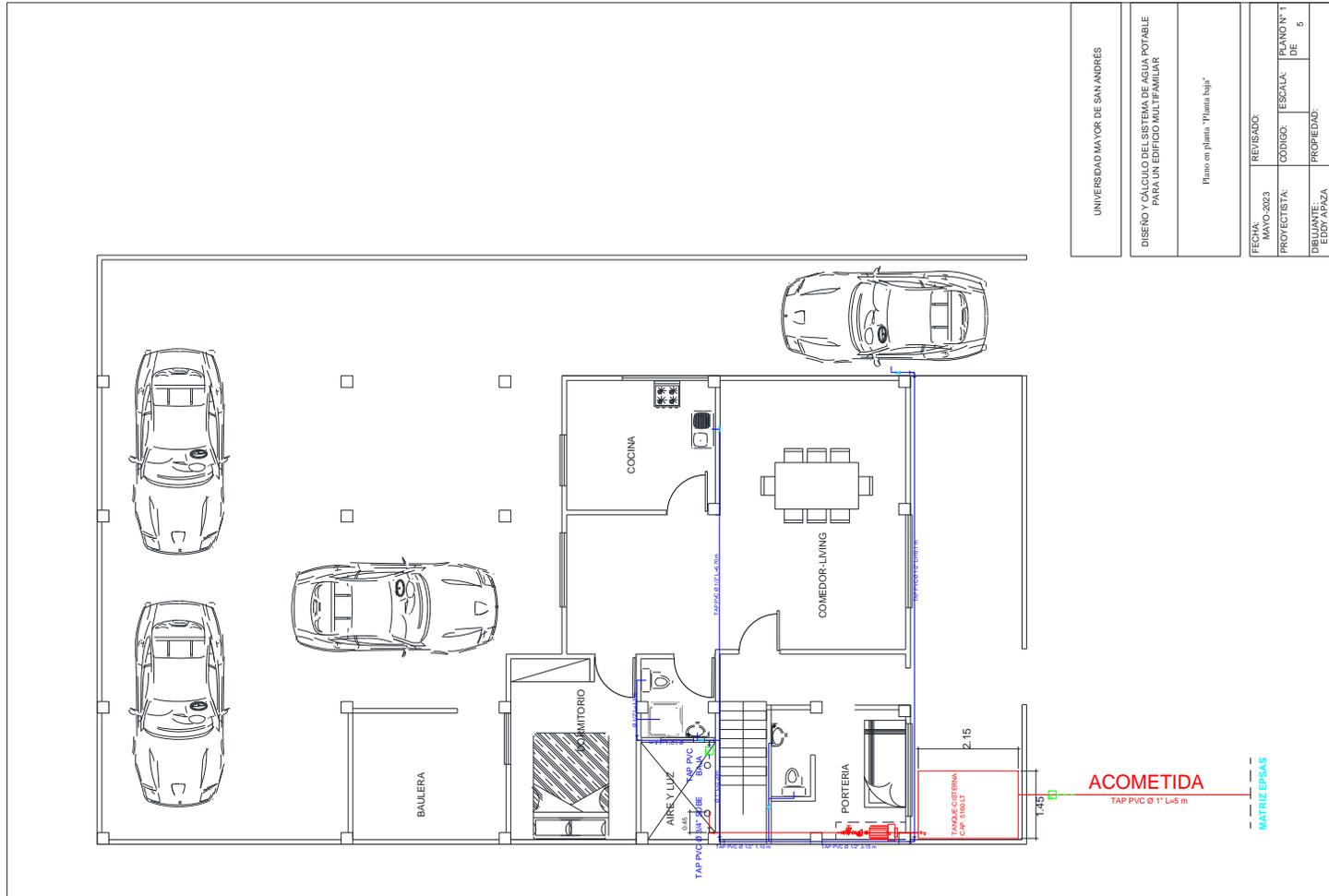
- La presión del agua no suele llegar directamente de la matriz a los últimos pisos de los edificios por su altura, en este caso no era suficiente para abastecer hasta el último piso, por lo cual se optó por calcular la capacidad de un tanque cisterna, la instalación de un equipo de bombeo y dimensionar un tanque elevado, de esta forma la distribución del agua a todos los departamentos no será un problema.
- El cálculo de la dotación necesaria de agua potable, se realizó con los valores referenciales de consumo de agua por departamento y cantidad de dormitorios que nos facilita la NB-RENISDA. Tomando en cuenta el volumen de incendio y otros usos que necesitara el edificio.
- Para abastecer de agua al edificio, necesitamos un volumen de agua diario de consumo igual a 6.10 m³, volumen contra incendios (2m³) y volumen de otros usos (0.5m³), por lo cual las dimensiones que tienen los tanques de almacenamientos (cisterna y elevado) son suficientes, tomando en cuenta que para la dimensión del tanque cisterna será el 60% del total y para el tanque elevado el 40% del total.
- Se realizó el cálculo hidráulico de la tubería de impulsión, esto para saber el caudal de bombeo necesario y saber el diámetro de la tubería de impulsión (Ø3/4”), que también se realizó una verificación del diámetro de la tubería y por otro lado saber el diámetro de la tubería de succión(Ø1”).
- Realizamos la red de distribución del agua, nos ayudamos con las tablas que hay en reglamento RENISDA para saber las unidades de gasto de los artefactos y las pérdidas localizadas en cada accesorio y válvula. Estos datos nos ayudaron a calcular los diámetros de tuberías, las velocidades, las pérdidas de carga al artefacto más desfavorable y saber las presiones residuales.

6 BIBLIOGRAFÍA

- REGLAMENTO NACIONAL DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS NOV. 2011
- ROBERTH ARIEL ALMARAZ TORRICO; WILSON CLAROS TAPIA. MATERIAL DE APOYO DIDACTICO DE ENSEÑANZAY APRENDIZAJE EN LA ASINATURA “INSTALACIONES DOMICILIARIAS Y CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS.
- GUILLERMO QUISPE MIRANDA INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS, TEORIA Y DISEÑO.
- ROBERT L. MOTT; JOSEPH A. UNTENER.MECANICA DE FLUIDOS, SEPTIMA EDICIÓN.
- INSTALACIONES DE AGUA-DISEÑOS PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE. INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD DIC-2004
- RONALD F. CARRASCO FLORES. JULIO 2004.INSTALACIONES SANITARIAS INDUSTRIALES E INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE.

7 ANEXOS

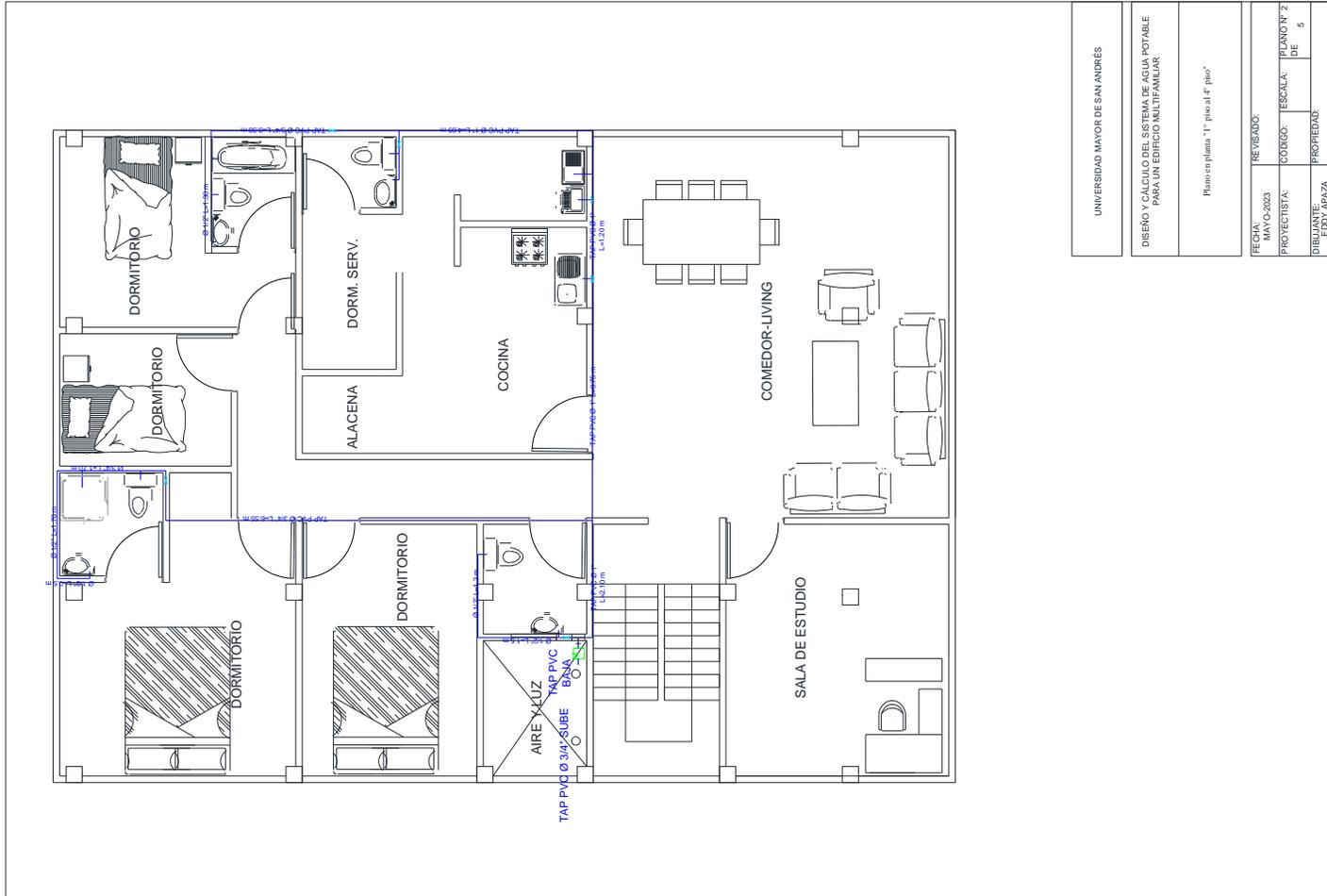
Anexo 1 Plano en planta "Planta baja"



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS			
DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR			
Plano en planta "Planta baja"			
REVISADO:			
FECHA: MAYO 2023	PROYECTISTA:	CODIGO:	ESCALA:
			PLANO Nº 1 DE 5
DIBUJANTE: EQUIPO		PROPIEDAD: QUISE	

Anexo 2

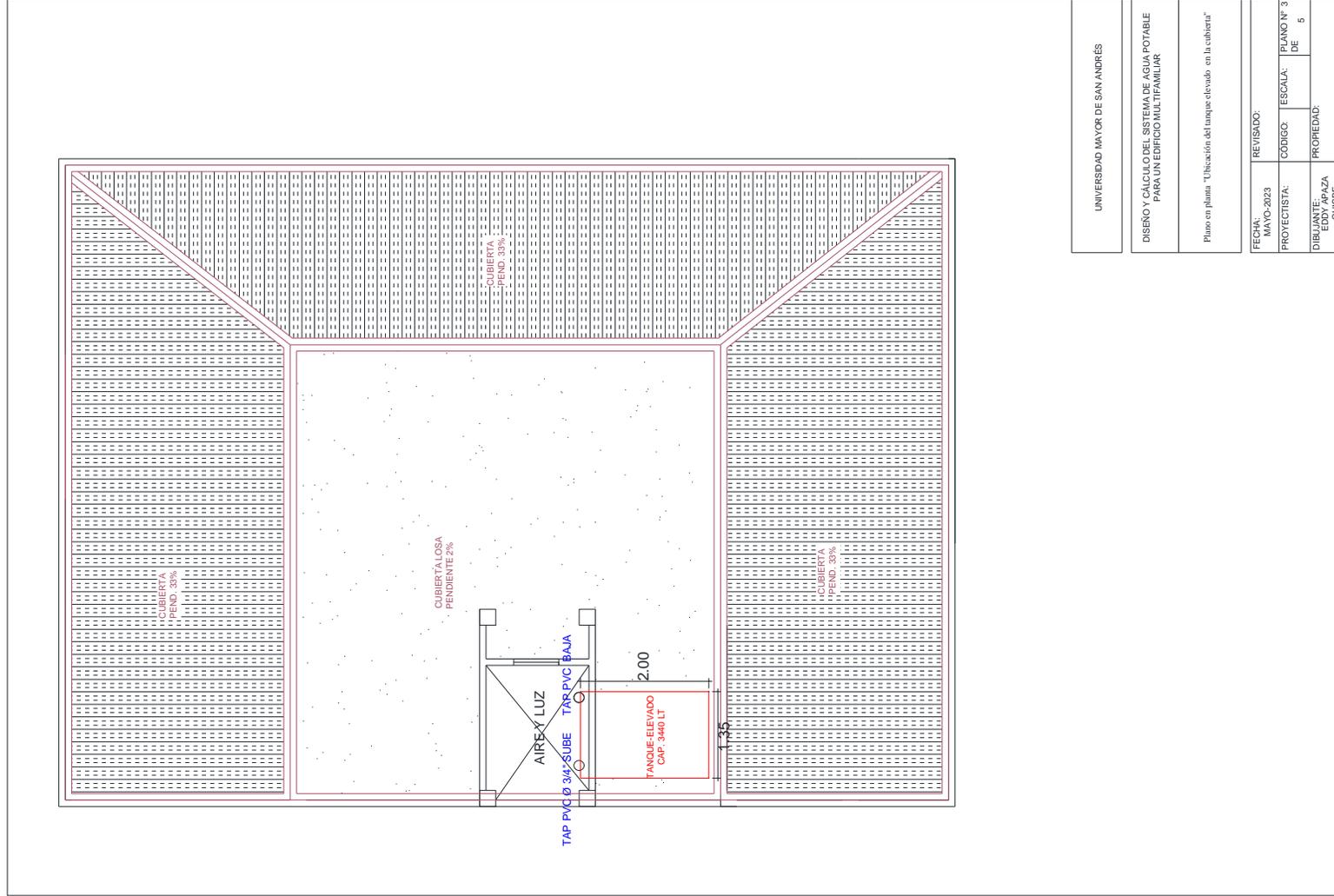
Plano en planta "1° piso al 4° piso"



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS	
DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR	
Plano en planta "1° piso al 4° piso"	
FECHA: MAYO 2023	REVISADO:
PROYECTISTA: EDDY APAZA	CODIGO: PROPIEDAD:
DISEÑADOR: EDDY APAZA	ESCALA: TRAMO N° 2 DE 5
QUISPE	

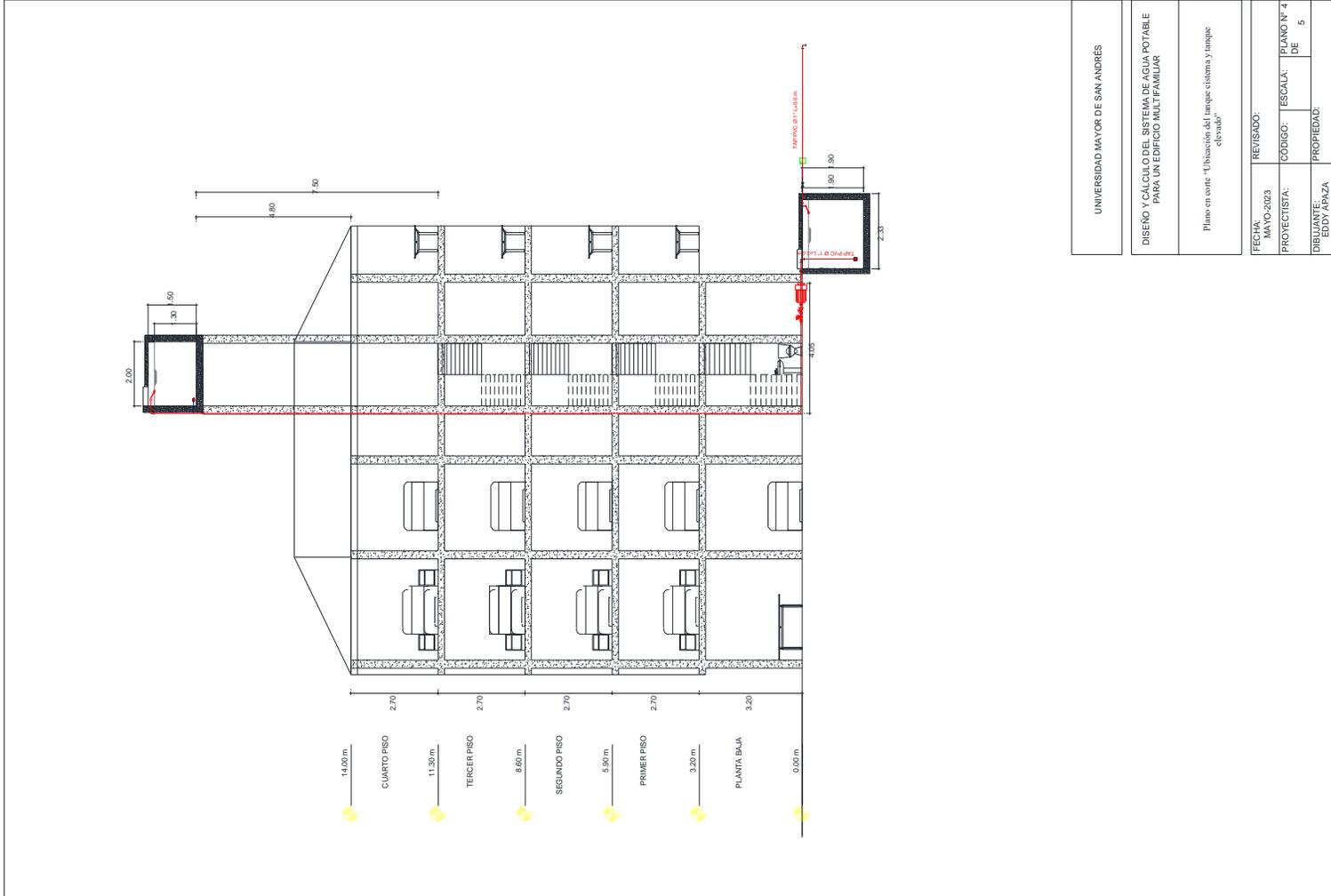
Anexo 3

Plano en planta "Ubicación del tanque elevado en la cubierta"



Anexo 4

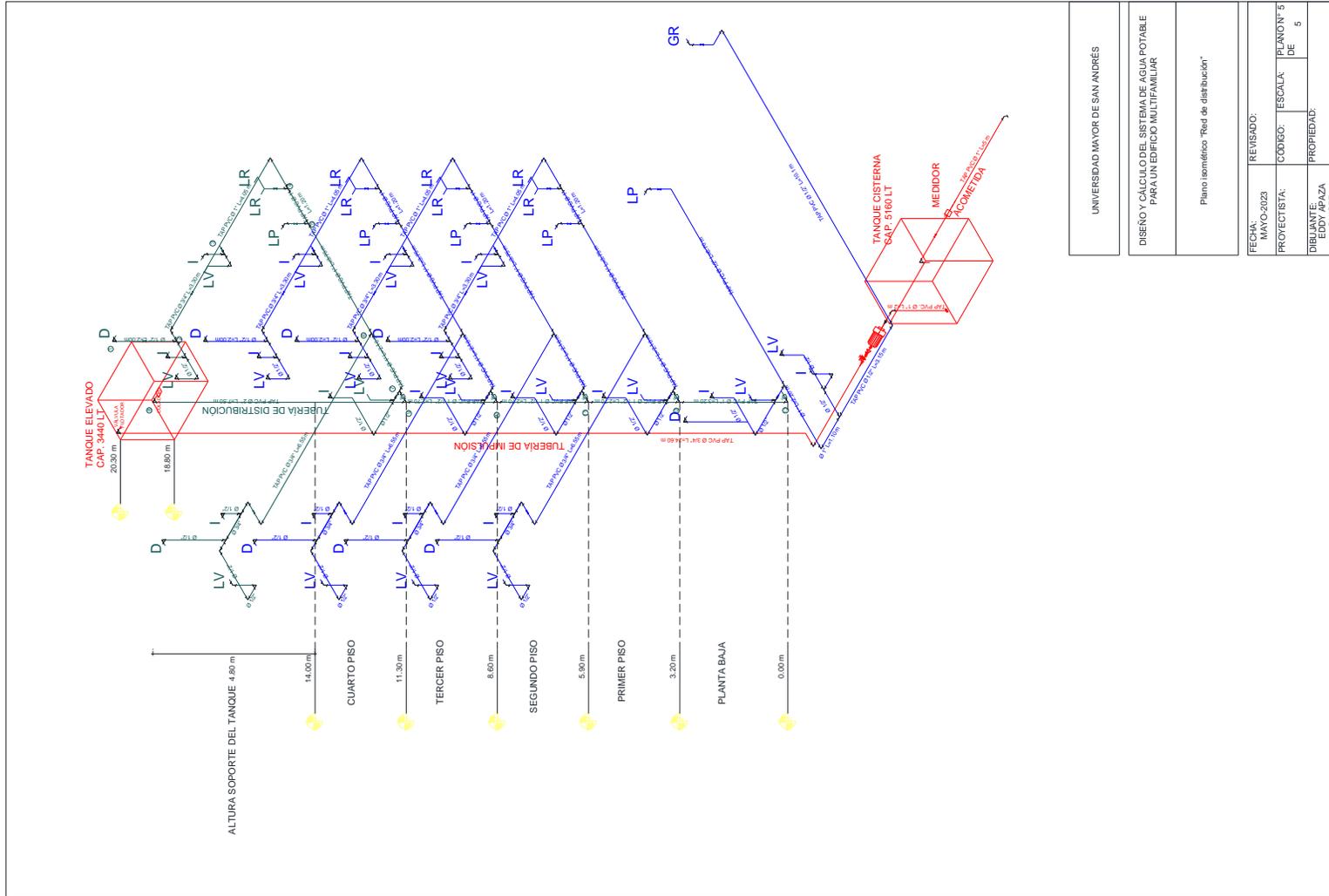
Plano en corte “Ubicación del tanque cisterna y tanque elevado”



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS	
DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR	
Plano en corte: "Ubicación del tanque cisterna y tanque elevado"	
FECHA: MAYO-2023	REVISADO:
PROYECTISTA:	ESCALA: PIANO N° 4 DE 5
DEBUTANTE: EDDY ALBAZAR GUSPÉ	PROPIEDAD:

Anexo 5

Plano isométrico “Red de distribución”



Anexo 6

Tabla de velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable

Diámetro nominal DN	Velocidad máxima	Caudal máximo
mm	m/s	L/s
15	1,6	0,2
20	2,0	0,6
25	2,3	1,2
40	2,5	4,0
50	2,5	5,7
60	2,5	8,9
75	2,5	12,0
100	2,5	18,0

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Anexo 7

Tabla de unidades de gasto por artefacto sanitario. Metodo Hunter

Artefacto Sanitario	Viviendas Unifamiliares o de dos Deptos.			Edificios Multifamiliares, con 3 o más Deptos.			Edificios públicos, comerciales.			Edificios de alta ocupación: Teatros, Stadiums, escuelas y similares		
	Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)		
	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente
Tina de baño o tina con ducha	4,0	3,0	3,0	3,5	2,6	2,6	4,0	3,0	3,0			
Bidet	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4						
Lavadora automática (doméstica)	4,0	3,0	3,0	2,5	1,9	1,9	4,0	3,0	3,0			
Máquina automática de lavar platos (doméstico)	1,5		1,5	1,0		1,0	1,5		1,5			
Bebedero							0,5	0,5		0,8	0,8	
Grifo de riego	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5				
Grifo de riego adicional, por c/ Unid. añadida	1,0	1,0		1,0	1,0		1,0	1,0				
Lavaplatos o pileta de cocina	1,5	1,1	1,1	1,0	0,8	0,8	1,5	1,1	1,1			
Lapaplatos o pileta de cocina exclusivo**	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0			
Lavandería o pileta de lavado	2,0	1,5	1,5	1,0	0,8	0,8	2,0	1,5	1,5			
Lavamanos o Lavatorio	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
Pileta de servicio							3,0	2,3	2,3			
Ducha individual	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5			
Ducha de uso continuo							5,0	3,8	3,8	5,0	3,8	3,8
Urinario c/válvula de descarga de 3.75 L							4,0	4,0		5,0	5,0	
Urinario, c/válvula de descarga > a 3.75 L							5,0	5,0		6,0	6,0	
Inodoro c/tanque de descarga de 6 L	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5		4,0	4,0	
Inodoro c/ tanque de hidropresión de 6 L	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5		3,5	3,5	
Inodoro, c/válvula de descarga de 6 L	5,0	5,0		5,0	5,0		5,0	5,0		8,0	8,0	
Inodoro, c/ tanque de descarga de 13 L.	3,0	3,0		3,0	3,0		5,5	5,5		7,0	7,0	
Inodoro, c/válvula de descarga de 13 L	7,0	7,0		7,0	7,0		8,0	8,0		10,0	10,0	
Tina de hidromasaje	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0						

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Anexo 8

Tabla de caudales máximos probables. Método Hunter

U.GASTO	TANQUE	VÁLVULA	U. GASTO	TANQUE	VÁLVULA	U. GASTO	TANQUE	VÁLVULA
1,00			51,00	1,02	1,79	110,00	1,61	2,43
2,00			52,00	1,03	1,81	120,00	1,68	2,50
3,00	0,15		53,00	1,04	1,82	130,00	1,75	2,58
4,00	0,17		54,00	1,06	1,84	140,00	1,82	2,66
5,00	0,19	0,85	55,00	1,07	1,85	150,00	1,89	2,73
6,00	0,22	0,87	56,00	1,08	1,87	160,00	1,96	2,80
7,00	0,24	0,90	57,00	1,10	1,88	170,00	2,03	2,88
8,00	0,26	0,92	58,00	1,11	1,90	180,00	2,10	2,95
9,00	0,28	0,95	59,00	1,12	1,91	190,00	2,17	3,02
10,00	0,30	0,97	60,00	1,14	1,93	200,00	2,24	3,09
11,00	0,32	1,00	61,00	1,15	1,94	210,00	2,31	3,16
12,00	0,34	1,02	62,00	1,16	1,95	220,00	2,39	3,23
13,00	0,36	1,04	63,00	1,17	1,97	230,00	2,46	3,30
14,00	0,38	1,07	64,00	1,18	1,98	240,00	2,53	3,37
15,00	0,40	1,09	65,00	1,20	1,99	250,00	2,60	3,43
16,00	0,42	1,11	66,00	1,21	2,01	260,00	2,67	3,50
17,00	0,44	1,14	67,00	1,22	2,02	270,00	2,73	3,56
18,00	0,46	1,16	68,00	1,23	2,03	280,00	2,80	3,63
19,00	0,48	1,18	69,00	1,24	2,04	290,00	2,87	3,69
20,00	0,50	1,20	70,00	1,25	2,06	300,00	2,94	3,75
21,00	0,52	1,23	71,00	1,26	2,07	310,00	3,01	3,81
22,00	0,54	1,25	72,00	1,27	2,08	320,00	3,08	3,88
23,00	0,56	1,27	73,00	1,28	2,09	330,00	3,15	3,93
24,00	0,58	1,29	74,00	1,29	2,10	340,00	3,22	3,99
25,00	0,59	1,31	75,00	1,30	2,11	350,00	3,29	4,05
26,00	0,61	1,33	76,00	1,31	2,12	360,00	3,36	4,11
27,00	0,63	1,35	77,00	1,32	2,13	370,00	3,43	4,17
28,00	0,65	1,37	78,00	1,33	2,14	380,00	3,49	4,22
29,00	0,67	1,40	79,00	1,34	2,15	390,00	3,56	4,28
30,00	0,68	1,42	80,00	1,35	2,16	400,00	3,63	4,33

31,00	0,70	1,44	81,00	1,36	2,17	410,00	3,70	4,38
32,00	0,72	1,46	82,00	1,37	2,18	420,00	3,77	4,44
33,00	0,74	1,48	83,00	1,38	2,19	430,00	3,83	4,49
34,00	0,75	1,49	84,00	1,39	2,20	440,00	3,90	4,54
35,00	0,77	1,51	85,00	1,40	2,21	450,00	3,97	4,59
36,00	0,79	1,53	86,00	1,40	2,22	460,00	4,04	4,64
37,00	0,80	1,55	87,00	1,41	2,23	470,00	4,11	4,69
38,00	0,82	1,57	88,00	1,42	2,24	480,00	4,17	4,74
39,00	0,84	1,59	89,00	1,43	2,24	490,00	4,24	4,78
40,00	0,85	1,61	90,00	1,44	2,25	500,00	4,31	4,88
41,00	0,87	1,62	91,00	1,44	2,26	510,00	4,40	4,92
42,00	0,88	1,64	92,00	1,45	2,27	520,00	4,46	4,97
43,00	0,90	1,66	93,00	1,46	2,27	530,00	4,51	5,02
44,00	0,91	1,68	94,00	1,46	2,28	540,00	4,57	5,06
45,00	0,93	1,69	95,00	1,47	2,29	550,00	4,63	5,11
46,00	0,94	1,71	96,00	1,48	2,29	560,00	4,68	5,16
47,00	0,96	1,73	97,00	1,48	2,30	570,00	4,74	5,20
48,00	0,97	1,74	98,00	1,49	2,31	580,00	4,80	5,25
49,00	0,99	1,76	99,00	1,50	2,31	590,00	4,85	5,30
50,00	1,00	1,78	100,00	1,54	2,35	600,00	4,91	5,34

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Anexo 9

Tabla de factores de pérdida de carga por accesorios

DIAMETRO NOMINAL mm	CODO 90°	CODO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TE DIRECTA	TE 90° SALIDA LATERAL	TE 90° SALIDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDE	SALIDA DE CANAL	VÁLVULA DE PIE C/CRIBA	VÁLVULA DE RETENCIÓN		LLAVE DE PASO GLOBO	LLAVE COMPUERTA ABIERTA	LLAVE ÁNGULO ABIERTO
												TIPO LIVIANA	TIPO PESADO			
DN																
15	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	1,0	1,0	0,2	0,4	0,4	3,6	1,1	1,6	4,9	0,1	2,6
20	0,7	0,3	0,3	0,2	0,4	1,4	1,4	0,2	0,5	0,5	5,6	1,6	2,4	6,7	0,1	3,6
25	0,8	0,4	0,3	0,2	0,5	1,7	1,7	0,3	0,7	0,7	7,3	2,1	3,2	8,2	0,2	4,6
40	1,3	0,6	0,5	0,3	0,9	2,8	2,8	0,5	1,0	1,0	11,8	3,2	4,8	13,4	0,3	6,7
50	1,7	0,8	0,6	0,4	1,1	3,5	3,5	0,7	1,5	1,5	14,0	4,2	6,4	17,4	0,4	8,5
60	2,0	0,9	0,8	0,5	1,3	4,3	4,3	0,9	1,9	1,9	17,0	5,2	8,1	21,0	0,4	10,0
75	2,5	1,2	1,0	0,6	1,6	5,2	5,2	1,1	2,2	2,2	20,0	6,3	9,7	26,0	0,5	13,0
100	3,4	1,5	1,3	0,7	2,1	6,7	6,7	1,6	3,2	3,2	23,0	8,4	12,9	34,0	1,7	17,0
150	4,9	2,3	1,9	1,1	3,4	10,0	10,0	2,5	5,0	5,0	39,0	12,5	19,3	51,0	1,1	26,0

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.