

**DISTRITO DE
INNOVACIÓN**
DEL VALLE DEL CAUCA



REALIZAR LOS ESTUDIOS DE LOCALIZACIÓN DE LOTES, DE PLANTA FÍSICA, DE DISEÑO Y PLANOS, DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD, REQUERIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LA ADECUADA INFRAESTRUCTURA PARA LA INNOVACIÓN EN CADA UNO DE LOS SEIS MUNICIPIOS SEDE DEL DISTRITO DE LA INNOVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DENOMINADO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DEL DISTRITO DE INNOVACIÓN EN EL VALLE DEL CAUCA. IDENTIFICADO CON EL BPIN 2018000100055.



DISEÑO HIDRÁULICO – MUNICIPIO DE CALI

Octubre de 2023

Por medio del presente se certifica la elaboración de los diseños hidráulicos del componente del municipio de Cali del proyecto que tiene por objeto “*REALIZAR LOS ESTUDIOS DE LOCALIZACIÓN DE LOTES, DE PLANTA FÍSICA, DE DISEÑO Y PLANOS, DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD, REQUERIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LA ADECUADA INFRAESTRUCTURA PARA LA INNOVACIÓN EN CADA UNO DE LOS SEIS MUNICIPIOS SEDE DEL DISTRITO DE LA INNOVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DENOMINADO ESTUDIO DE PREGACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DEL DISTRITO DE INNOVACIÓN EN EL VALLE DEL CAUCA. IDENTIFICADO CON EL BPIN 2018000100055*”.

REVISIÓN No. 1	FECHA	NOMBRE	CARGO	FIRMA
ELABORO		Jorge Adelmo Diaz Sarmiento	Diseñador	
APROBÓ			Supervisor	

CONTROL DE CAMBIOS

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO

El informe se presenta a continuación de este documento.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
3. DOCUMENTOS REFERENCIA	8
4. ASPECTOS GENERALES	9
4.1. LOCALIZACIÓN PROYECTO	9
4.2. DESCRIPCIÓN PROYECTO	11
4.2.1. Abastecimiento del Sistema.....	12
4.2.2. Descarga del Sistema.....	12
5. DISEÑO REDES HIDRÁULICAS	14
5.1. DOTACIÓN Y ALMACENAMIENTO	14
5.1. ACOMETIDA DOMICILIARIA.....	14
5.2. REDES INTERNAS.....	15
5.2.1. Materiales	17
5.2.2. Diámetros.....	17
5.2.3. Pérdidas de Energía	18
5.2.4. Velocidades	19
5.2.5. Ruta Crítica	19
5.2.5.1. Implantación Redes	19
5.3. DISEÑO EQUIPO DE BOMBEO.....	20
5.3.1. Caudal de Diseño	20
5.3.2. Cálculo Equipo de Bombeo.....	22
5.3.3. Cálculo NPSH.....	22
5.3.4. Cálculo Tanque Hidro acumulador.....	23
6. DISEÑO REDES SANITARIAS	25
6.1. DISEÑO REDES INTERNAS.....	25
6.1.1. Materiales	26
6.1.2. Diámetros.....	26
6.1.3. Pendientes	26
6.1.4. Velocidades	27
6.1.5. Sistema de Ventilación	27
6.1.5.1. Diámetros Ramales	27
6.1.5.2. Diámetro Ventilación Principal	27
6.1.6. Resultados.....	28
6.1.6.1. Implantación Redes	28
6.2. DISEÑO REDES EXTERNAS.....	31
6.2.1. Caudales de Diseño.....	31

6.2.2.	Parámetros de Diseño	31
7.	DISEÑO REDES AGUAS LLUVIAS	33
7.1.	CAUDALES DE DISEÑO	33
7.1.1.	Coeficiente de Escorrentía.....	33
7.1.2.	Intensidad – Duración – Frecuencia	34
7.1.2.1.	Periodo de Retorno y Tiempo de Concentración	34
7.1.2.2.	Intensidad de Diseño	34
7.1.3.	Áreas y Caudales de Drenaje	34
7.2.	RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS.....	36
7.2.1.	Canaletas.....	36
7.2.1.	Tuberías Horizontales	37
7.3.	EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS	37
7.3.1.	Bajantes	38
7.4.	DESCARGA AGUAS LLUVIAS.....	39
8.	CONCLUSIONES.....	41
9.	BIBLIOGRAFÍA	43
10.	ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1.	Criterios de diseño del sistema de distribución de agua.	15
Tabla 5-2.	Valores de carga asignados a los aparatos.	15
Tabla 5-3.	Caudal máximo probable según método de Hunter.	16
Tabla 5-4.	Tabla para estimación de demanda/pisos.....	17
Tabla 5-5.	Diámetros tuberías PVC.....	17
Tabla 5-6.	Pérdida de presión en accesorios expresado como longitud equivalente (PVC).....	18
Tabla 5-7.	Parámetros iniciales equipo de presión.	20
Tabla 5-8.	Coeficiente para determinar la capacidad de la bomba.	21
Tabla 5-9.	Cálculo equipo de bombeo para hidroneumático.....	22
Tabla 5-10.	Periodo de trabajo y numero de ciclos de trabajo de la bomba.....	23
Tabla 5-11.	Cálculo equipo de bombeo para hidroneumático.....	24
Tabla 6-1.	Unidades de desagüe asignados a los aparatos.	25
Tabla 6-2.	Tabla para estimación de descarga/pisos.....	25
Tabla 6-3.	Diámetros tubería sanitaria PVC.....	26
Tabla 6-4.	Pendientes tuberías.....	26
Tabla 6-5.	Diámetro y longitud máxima de circuitos de ventilación.	27
Tabla 6-6.	Diámetros y longitud de desarrollo de bajantes de ventilación y de ventilación vertical..	28
Tabla 7-1.	Áreas de drenaje cubierta.	35
Tabla 7-2.	Capacidad máxima canaleta horizontal.	36
Tabla 7-3.	Dimensiones canaletas proyectadas.	36
Tabla 7-4.	Capacidad máxima del tubo de drenaje de aguas lluvias.	37
Tabla 7-5.	Capacidad máxima bajantes verticales de desagüe de aguas lluvias.	38
Tabla 7-6.	Dimensiones bajantes proyectadas.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 4-1. Localización general Cali.</i>	9
<i>Figura 4-2. Localización geográfica proyecto.</i>	10
<i>Figura 4-3. Delimitación proyecto.</i>	10
<i>Figura 4-4. Vista en planta primer piso.</i>	11
<i>Figura 4-5. Vista en planta segundo piso.</i>	12
<i>Figura 4-6. Localización abastecimiento y descargas.</i>	13
<i>Figura 5-1. Implantación redes hidráulicas primer piso.</i>	19
<i>Figura 5-2. Implantación redes hidráulicas segundo piso.</i>	20
<i>Figura 6-1. Implantación redes sanitarias segundo piso.</i>	29
<i>Figura 6-2. Implantación redes ventilación segundo piso.</i>	29
<i>Figura 6-3. Implantación redes sanitarias primer piso.</i>	30
<i>Figura 6-4. Implantación redes ventilación primer piso.</i>	30
<i>Figura 6-5. Redes alcantarillado proyectadas.</i>	31
<i>Figura 7-1. Sectorización áreas cubierta.</i>	35
<i>Figura 7-2. Áreas aferentes.</i>	35
<i>Figura 7-3. Capacidad canaletas proyectadas.</i>	37
<i>Figura 7-4. Sistema de evacuación y recolección aguas lluvias.</i>	39
<i>Figura 7-5. Red de descarga de aguas lluvias.</i>	40
<i>Figura 7-6. Red de descarga de aguas lluvias.</i>	40

1. INTRODUCCIÓN

Se requieren realizar los estudios y diseños de carácter hidráulico del proyecto con objeto: **“REALIZAR LOS ESTUDIOS DE LOCALIZACIÓN DE LOTES, DE PLANTA FÍSICA, DE DISEÑO Y PLANOS, DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD, REQUERIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LA ADECUADA INFRAESTRUCTURA PARA LA INNOVACIÓN EN CADA UNO DE LOS SEIS MUNICIPIOS SEDE DEL DISTRITO DE LA INNOVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DENOMINADO ESTUDIO DE PREGACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DEL DISTRITO DE INNOVACIÓN EN EL VALLE DEL CAUCA. IDENTIFICADO CON EL BPIN 2018000100055”**. Siendo así, el presente documento contiene las memorias de cálculo correspondientes a los diseños realizados para llevar a cabo la construcción de las redes de distribución de agua y evacuación de aguas del proyecto a realizar en el municipio de Cali, elaborando la ingeniería básica y de detalle. Para ello se presenta a continuación un informe de las actividades y parámetros de referencia a tener en cuenta en el diseño.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar el diseño hidráulico del sistema de redes hidrosanitarias para el proyecto denominado “*Distrito de Innovación Cali*”, localizado en el municipio de Cali, departamento de Valle del Cauca.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Elaborar un óptimo diseño del sistema de redes hidrosanitarias internas del proyecto.
- ✓ Cumplir con los parámetros estipulados por las normativas vigentes asociadas al cálculo y diseño hidráulico de instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- ✓ Permitir una correcta y rápida distribución del agua a los puntos con requerimientos hidráulicos del proyecto.
- ✓ Permitir una correcta y rápida evacuación de las aguas negras y grises.
- ✓ Realizar los correspondientes análisis hidráulicos tomando como base los parámetros estipulados por NTC 1500, la Resolución 0330 de junio de 2017 con sus respectivas actualizaciones.

3. DOCUMENTOS REFERENCIA

Para realizar el presente diseño, se tomó como norma de diseño guía el documento **NTC 1500 Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500 – 2023**, el cual contempla los requisitos mínimos para tener en cuenta en el diseño de instalaciones hidrosanitarias en este tipo de proyectos.

De igual manera, para efectuar el diseño de las redes generales, se tomó como base la Resolución N° 0330 del 2017 cumpliendo con los criterios estipulados en ella y de esta manera asegurar un correcto funcionamiento de las redes diseñadas. La información climatológica para el diseño del sistema pluvial fue recopilada por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). También se contó con la implantación general del proyecto y el levantamiento topográfico en la zona para efectuar los debidos diseños. Adicional a lo anterior fue proporcionada la información catastral de las redes de acueducto y alcantarillado existentes, la cual sirvió como base para efectuar el empalme entre el sistema actual y el proyectado.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. LOCALIZACIÓN PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el departamento de Valle del Cauca, en la zona sur de la cabecera urbana del municipio de Cali en el sector de la comuna 17 sobre la **Calle 16** en cercanías al semillero de investigación de la Universidad del Valle y el edificio B13 de Ingeniería de Sistemas y Computación. Como tal, el predio del proyecto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas:

✓ **3°22'36.56"N, 76°31'46.57"O.**

Figura 4-1. Localización general Cali.



Fuente: Google Earth.

Figura 4-2. Localización geográfica proyecto.



Fuente: Google Earth.

Figura 4-3. Delimitación proyecto.



Fuente: Google Earth.

La entrada peatonal al predio se realiza por la **Calle 16 con Carrera 92**.

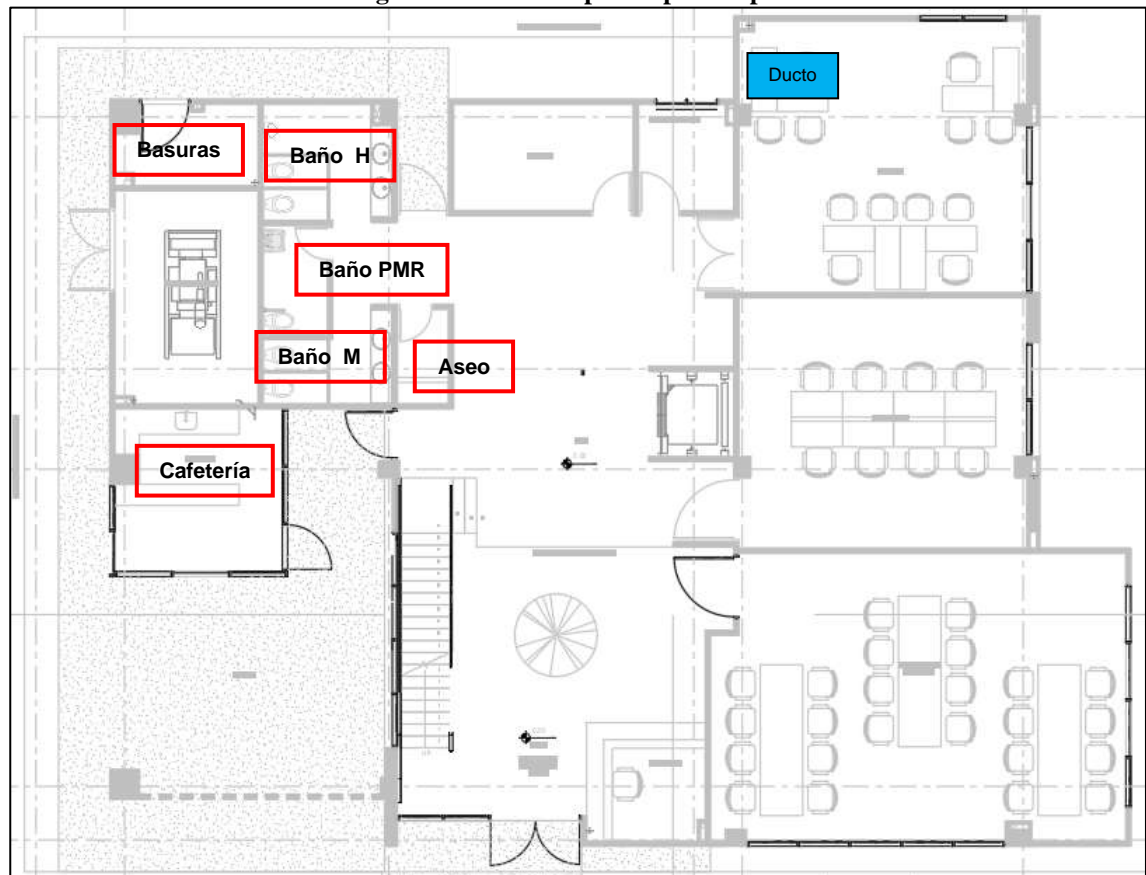
4.2. DESCRIPCIÓN PROYECTO

El proyecto de distrito de innovación se encuentra destinado para servir como edificio encargado de prestar un servicio de educación e investigación para estudiantes de la universidad del valle. El edificio cuenta con un total de dos (2) pisos dedicados cada uno a prestar un servicio específico de tal manera que estos puedan contar con un centro especializado para realizar reuniones, actividades de coworking y landing en el primer piso y con laboratorios virtuales y de economía digital en el segundo piso. Cada uno de los pisos cuenta con diferentes requerimientos hidrosanitarios de la siguiente manera:

Primer Piso:

- ✓ Baño hombres (dos inodoros, dos lavamanos, un orinal).
- ✓ Baño PMR mujeres (un inodoro, un lavamanos).
- ✓ Baño mujeres (dos inodoros, dos lavamanos).
- ✓ Cuarto de aseo (una grifería).
- ✓ Cafetería (un lavaplatos).
- ✓ Cuarto de basuras (una grifería).

Figura 4-4. Vista en planta primer piso.

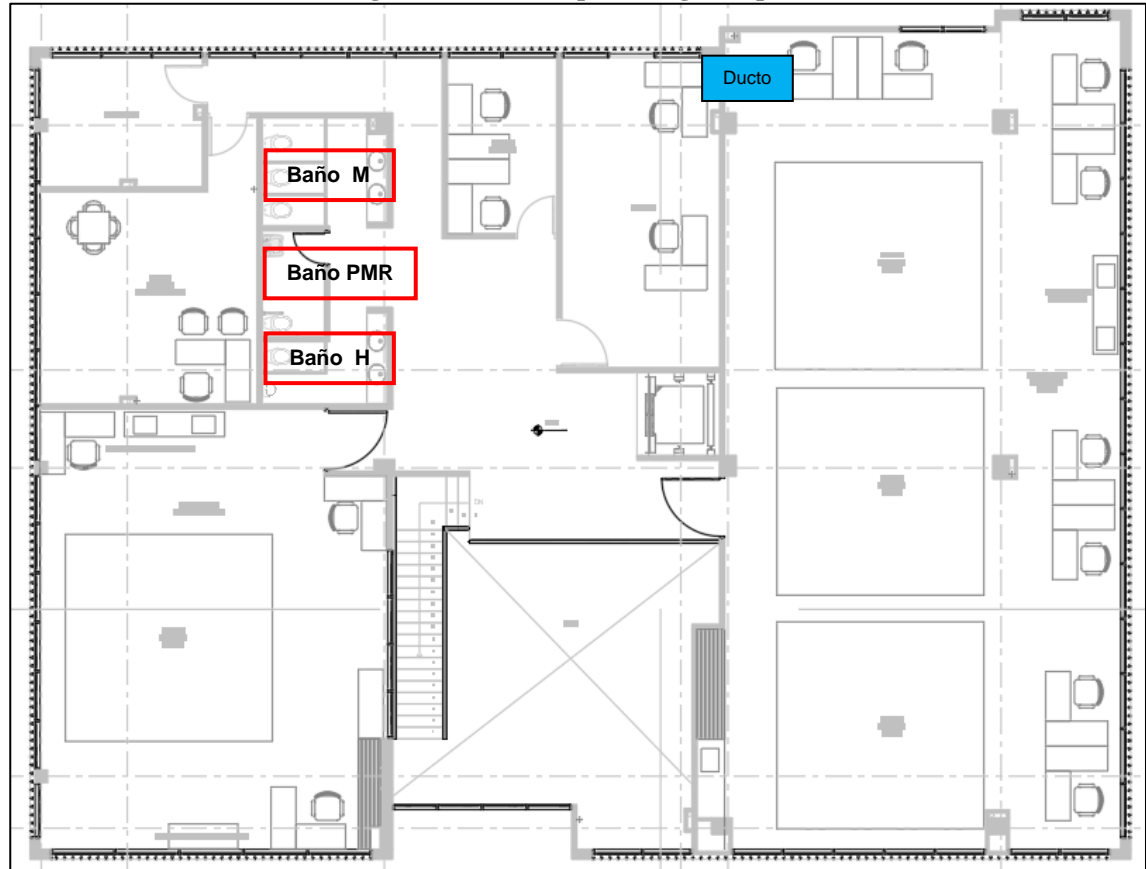


Fuente: Elaboración Propia.

Segundo Piso:

- ✓ Baño mujeres (tres inodoros, dos lavamanos).
- ✓ Baño PMR mujeres (un inodoro, un lavamanos).
- ✓ Baño hombres (un inodoro, dos lavamanos, un orinal).

Figura 4-5. Vista en planta segundo piso.



Fuente: Elaboración Propia.

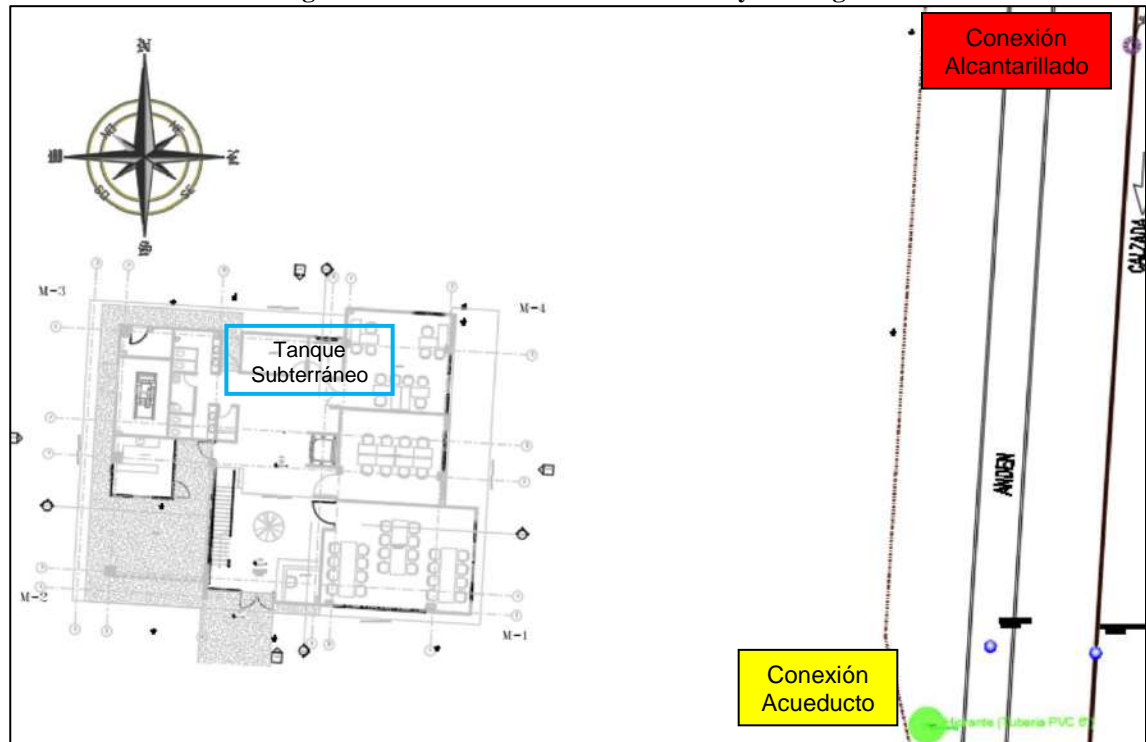
4.2.1. Abastecimiento del Sistema

El abastecimiento de la red será efectuado a través de un equipo de presión constante que capta agua de un tanque de almacenamiento subterráneo proyectado y realizará la distribución a cada uno de los aparatos hidrosanitarios de la edificación. El tanque de almacenamiento será abastecido a través de una acometida proveniente del sistema de redes de distribución municipal que atraviesa la **Calle 16**.

4.2.2. Descarga del Sistema

La descarga del sistema será realizada sobre el sistema de redes de alcantarillado municipal que se encuentra sobre la **Calle 16**.

Figura 4-6. Localización abastecimiento y descargas.



Fuente: Elaboración Propia.

5. DISEÑO REDES HIDRÁULICAS

El sistema se encuentra proyectado para funcionar efectuando la distribución a los puntos con requerimientos hidráulicos a partir de un equipo de presión. Como primera medida, se ha evaluado el consumo requerido para el edificio con el fin de proyectar el almacenamiento necesario para suplir los requerimientos hidráulicos.

5.1. DOTACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Para el cálculo de la dotación del tanque de almacenamiento, se efectuó el cálculo por diferentes módulos de consumo para posteriormente definir el almacenamiento requerido en la edificación. Se tuvieron en cuenta los siguientes módulos de consumo:

✓ **Cálculo considerando oficinas:**

$$\begin{aligned} \text{Dotación Oficinas} &= 90 \frac{L}{\text{persona} * \text{día}} \\ \text{N}^\circ \text{ personas} &= 61 \\ \text{Consumo} &= 5490 \frac{L}{\text{día}} \end{aligned}$$

✓ **Cálculo considerando W.C:**

$$\begin{aligned} \text{Dotación W.C.} &= 50 \frac{L}{h} \\ \text{N}^\circ \text{ W.C} &= 10 \text{ W.C} \\ \text{Horas Uso} &= 10 \text{ h} \\ \text{Consumo} &= 5000 \frac{L}{\text{día}} \end{aligned}$$

$$\text{Almacenamiento adaptado} = 5500 \text{ L} = 5.5 \text{ m}^3$$

De esta manera, el tanque subterráneo proyectado debe contar con un almacenamiento mínimo de **5.5 m³** para suplir las necesidades del edificio. Así, se proyecta un tanque el cual debe contar con las siguientes dimensiones **libres**:

$$\begin{aligned} \text{Largo} &= 2\text{m}, \text{Ancho} = 1.5\text{m}, \text{Profundidad util} = 1.9\text{m}, H = 2.20\text{m} \\ V &= 5.7\text{m}^3 \end{aligned}$$

5.1. ACOMETIDA DOMICILIARIA

El agua será tomada de la red del acueducto municipal que acorde a la información catastral obtenida, pasa por la **Calle 16** con **Carrera 92**. Asumiendo una velocidad máxima de **1.5 m/s** se proyecta realizar la acometida en un diámetro de **3/4"** con una longitud aproximada de **64.5 m** desde la conexión hasta el tanque subterráneo. De esta manera se estima un tiempo de llenado del tanque de agua potable de **2.4 h**. Se debe asegurar una presión de **13.72 m.c.a** en el punto de conexión. **Ver Planos y Anexos.**

5.2. REDES INTERNAS

El diseño se llevó a cabo siguiendo la metodología de Hunter modificado el cual basa sus principios en que cada aparato de fontanería puede demandar un caudal máximo posible cuando se encuentra funcionando a plena carga; Adicional a esto, el sistema se debe diseñar de tal forma que el 99% del tiempo funcione correctamente y dimensionar las tuberías para que m de los n aparatos satisfechos funcionen simultáneamente. Para esto, es necesario homogeneizar el caudal, ya que por lo general los aparatos en una edificación tienen diferentes caudales, como lo es el presente caso. Como primera medida para diseñar las líneas de distribución es necesario definir los valores de carga asignados a cada aparato expresados en unidades de consumo de acuerdo con los valores estipulados por el Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500, adicional a esto, es necesario cumplir con los criterios de caudales y presiones mínimos para los aparatos sanitarios estipulados por el mismo reglamento, así:

Tabla 5-1. Criterios de diseño del sistema de distribución de agua.

Aparato	Qmin (L/min)	Qmin (L/s)	P(kPa)	P(psi)	P(mca)
Lavaplatos	10	0.167	55	8	5.61
Lavamanos	3	0.05	55	8	5.61
Orinal F	45	0.75	172	25	17.54
Inodoro F	95	1.583	310	45	31.62
Grifería	11	0.183	55	8	5.61
Manguera	19	0.317	55	8	5.61

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Tabla 5-2. Valores de carga asignados a los aparatos.

Aparato	Uso	Tipo de Control	Unidades de Suministro
Lavaplatos	Público – Privado	Grifo	3 – 1
Lavamanos	Público – Privado	Grifo	2 – 1
Orinal	Público – Privado	Fluxómetro	3 – 3
Inodoro	Público – Privado	Fluxómetro	6 – 4
Grifería	Público – Privado	Grifo	3 – 3
Manguera	Público – Privado	Grifo	3 – 3

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Con base en el cuadro anterior, los planos arquitectónicos y con la tabla de estimaciones de demanda del Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500, teniendo en cuenta la cantidad de puntos hidráulicos y los consumos respectivos de cada uno, se estimó el caudal máximo probable de cada uno de los pisos para el número total de unidades de consumo y a su vez el caudal máximo probable de la edificación completa, para proceder con el dimensionamiento del equipo de presión proyectado. Adicionalmente, la definición de unidades de consumo para cada tramo, se efectuó con base en el tipo de uso de cada aparato de acuerdo a su localización dentro del edificio y aproximando al entero superior por encima de las unidades acumuladas.

Tabla 5-3. Caudal máximo probable según método de Hunter.

Unidades		Demanda		Unidades		Demanda		Unidades		Demanda	
Tanque	Flux	GPM	L/s	Tanque	Flux	GPM	L/s	Tanque	Flux	GPM	L/s
0.5	-	1	0.06	127	48	50	3.15	945	931	200	12.62
1	-	2	0.13	130	50	51	3.22	1018	1009	210	13.25
3	-	3	0.19	135	52	52	3.28	1091	1091	220	13.88
4	-	4	0.25	141	54	53	3.34	1173	1173	230	14.51
6	-	5	0.32	146	57	54	3.41	1254	1254	240	15.14
7	-	6	0.38	151	60	55	3.47	1335	1335	250	15.77
8	-	7	0.44	155	63	56	3.53	1418	1418	260	16.40
10	-	8	0.50	160	66	57	3.60	1500	1500	270	17.03
12	-	9	0.57	165	69	58	3.66	1583	1583	280	17.67
13	-	10	0.63	170	73	59	3.72	1668	1668	290	18.30
15	-	11	0.69	175	76	60	3.79	1755	1755	300	18.93
16	-	12	0.76	185	82	62	3.91	1845	1845	310	19.56
18	-	13	0.82	195	88	64	4.04	1926	1926	320	20.19
20	-	14	0.88	205	95	66	4.16	2018	2018	330	20.82
21	-	15	0.95	215	102	68	4.29	2110	2110	340	21.45
23	-	16	1.01	225	108	70	4.42	2204	2204	350	22.08
24	-	17	1.07	236	116	72	4.54	2298	2298	360	22.71
26	-	18	1.14	245	124	74	4.67	2388	2388	370	23.34
28	-	19	1.20	254	132	76	4.79	2480	2480	380	23.97
30	-	20	1.26	264	140	78	4.92	2575	2575	390	24.61
32	-	21	1.32	275	148	80	5.05	2670	2670	400	25.24
34	5	22	1.39	284	158	82	5.17	2765	2765	410	25.87
36	6	23	1.45	294	168	84	5.30	2862	2862	420	26.50
39	7	24	1.51	305	176	86	5.43	2960	2960	430	27.13
42	8	25	1.58	315	186	88	5.55	3060	3060	440	27.76
44	9	26	1.64	326	195	90	5.68	3150	3150	450	28.39
46	10	27	1.70	337	205	92	5.80	3320	3320	500	31.55
49	11	28	1.77	348	214	94	5.93	4070	4070	550	34.70
51	12	29	1.83	359	223	96	6.06	4480	4480	600	37.85
54	13	30	1.89	370	234	98	6.18	5380	5380	700	44.16
56	14	31	1.96	380	245	100	6.31	6280	6280	800	50.47
58	15	32	2.02	406	270	105	6.62	7280	7280	900	56.78
60	16	33	2.08	431	295	110	6.94	8300	8300	1000	63.09
63	18	34	2.15	455	329	115	7.26	9000	9000	1075	67.82
66	20	35	2.21	479	365	120	7.57				
69	21	36	2.27	506	396	125	7.89				
74	23	37	2.33	533	430	130	8.20				
78	25	38	2.40	559	460	135	8.52				
83	26	39	2.46	585	490	140	8.83				
86	28	40	2.52	611	521	145	9.15				
90	30	41	2.59	638	559	150	9.46				
95	31	42	2.65	665	596	155	9.78				
99	33	43	2.71	692	631	160	10.09				
103	35	44	2.78	719	666	165	10.41				
107	37	45	2.84	748	700	170	10.73				
111	49	46	2.90	778	739	175	11.04				
115	42	47	2.97	809	775	180	11.36				
119	44	48	3.03	840	811	185	11.67				
123	46	49	3.09	874	850	190	11.99				

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Si el valor obtenido de unidades de consumo no se encuentra en la tabla, por medio de una interpolación lineal se debe hallar su magnitud correspondiente dependiendo del predominio que exista en el diseño; para el presente caso, hay predominio de aparatos de fluxómetro, por lo que solo se deberán usar los valores asociados a este tipo de aparatos.

Tabla 5-4. Tabla para estimación de demanda/pisos.

Aparato	Cantidad	Valores de Carga	Total
Primer Piso			
Lavaplatos	1	3	3
Lavamanos	5	2	10
Orinal F	1	3	3
Inodoro F	5	6	30
Grifería	1	3	3
Manguera	1	3	3
Total	14	Total	52
Caudal Máximo Probable (L/s)			3.28
Segundo Piso			
Lavaplatos	0	3	0
Lavamanos	5	2	10
Orinal F	1	3	3
Inodoro F	5	6	30
Grifería	0	3	0
Manguera	0	3	0
Total	11	Total	43
Caudal Máximo Probable (L/s)			2.97
Edificio Completo			
Total	25	Total	95
Caudal Máximo Probable (L/s)			4.164

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1. Materiales

La red ha sido proyectada en **RDE21PVC** y **RDE13.5PVC**, la cual cuenta con una presión máxima de trabajo a **23°C** de **200** y **315 PSI** respectivamente.

5.2.2. Diametros

Para estimar el diámetro interno real de las tuberías, se usó el Manual Técnico Tubo sistemas Presión PVC PAVCO el cual dependiendo de la relación diámetro espesor RDE, estipula los siguientes diámetros:

Tabla 5-5. Diámetros tuberías PVC.

RDE	Diámetro Nominal		Diámetro interior Promedio	
	mm	pulg.	mm	m
13.5	21	1/2	18.18	0.01818
	26	3/4	23.63	0.02363
21	33	1	30.2	0.0302
	42	1.1/4	38.14	0.03814
	48	1.1/2	43.68	0.04368
	60	2	54.58	0.05458
	73	2.1/2	66.07	0.06607

	88	3	80.42	0.08042
	114	4	103.42	0.10342
	168	6	152.22	0.15222

Fuente: Manual técnico tubo sistemas presión PVC PAVCO.

5.2.3. Pérdidas de Energía

Las pérdidas de energía generadas por los diferentes tipos de accesorios han sido expresadas como longitudes equivalentes de tubería en metros lineales, de acuerdo con la siguiente tabla guía:

Tabla 5-6. Pérdida de presión en accesorios expresado como longitud equivalente (PVC).

Accesorio	PVC C=150	Acero C=110
C45	$[0.38 * \varnothing + 0.02] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
C90	$[0.76 * \varnothing + 0.17] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Válvula retención	$[3.2 * \varnothing + 0.03] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Válvula compuerta	$[0.17 * \varnothing + 0.03] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Válvula de Pie	$[6.38 * \varnothing + 0.4] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Salida Tubería	$[0.77 * \varnothing + 0.04] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Tee de Paso Lateral	$[1.56 * \varnothing + 0.37] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Tee de Paso Directo	$[0.53 * \varnothing + 0.04] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	
Entrada Tubería	$[0.77 * \varnothing - 0.04] * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.85}$	

Fuente: Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones – Ing. Rafael Carmona.

Para evaluar las pérdidas generadas en la tubería por causa de la fricción, se usó la ecuación propuesta por Flamant, usada comúnmente para tuberías de diámetros pequeños y en especial en materiales como: acero, hierro, cobre y P.V.C. Por otro lado, para estimar las perdidas en diámetros mayores se hizo uso de la ecuación propuesta por Hazen Williams. Las cuales se encuentran definidas por las siguientes expresiones:

$$j = \frac{6.1CQ^{1.75}}{D^{4.75}} \rightarrow \text{Flamant}$$

Donde:

- ✓ **j** = Pérdida de carga (m/m).
- ✓ **C** = Coeficiente de fricción (0.0001 para P.V.C).
- ✓ **V** = Velocidad media (m/s).
- ✓ **D** = Diámetro (m).
- ✓ **Q** = Caudal (m³/s).

$$J = \frac{Q^{1.85}}{280 * C * D^{2.63}} \rightarrow \text{Hazen Williams}$$

- ✓ j = Pérdida de carga (m/m).
- ✓ C = Coeficiente de fricción (150 para P.V.C).
- ✓ D = Diámetro (m).
- ✓ Q = Caudal (L/s).

5.2.4. Velocidades

Se ha tomado como velocidad mínima un valor de **0.5 m/s** y como máxima **2 m/s**.

5.2.5. Ruta Critica

Se verificaron criterios de diámetros mínimos, pérdidas de carga, velocidades y presiones a la salida de los aparatos, tomando como punto de partida el aparato crítico de toda la construcción de acuerdo con el Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500, cumpliendo con la presión mínima de salida establecida para cada aparato.

5.2.5.1. Implantación Redes

El aparato crítico definido para el diseño del equipo de presión de la construcción corresponde al inodoro localizado en el baño de mujeres en el segundo piso. A continuación, se muestran de manera esquemática la implantación de las redes proyectadas en cada uno de los pisos y la visualización del recorrido crítico desde el primer piso hasta el aparato del segundo piso.

Figura 5-1. Implantación redes hidráulicas primer piso.

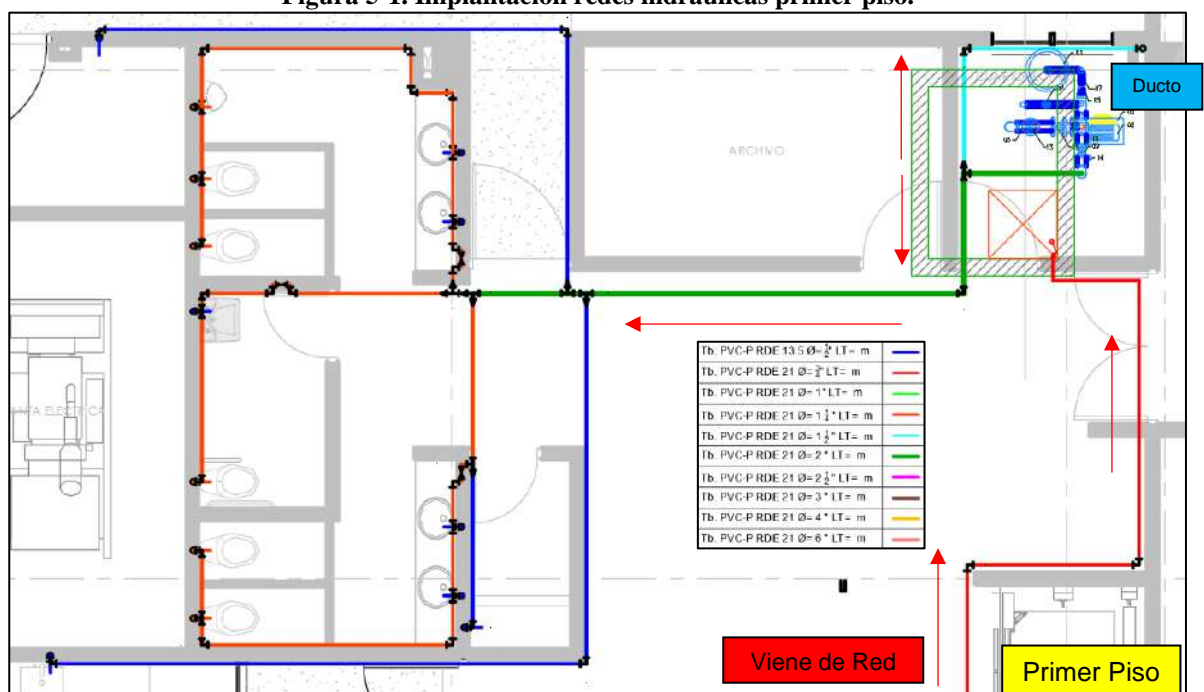
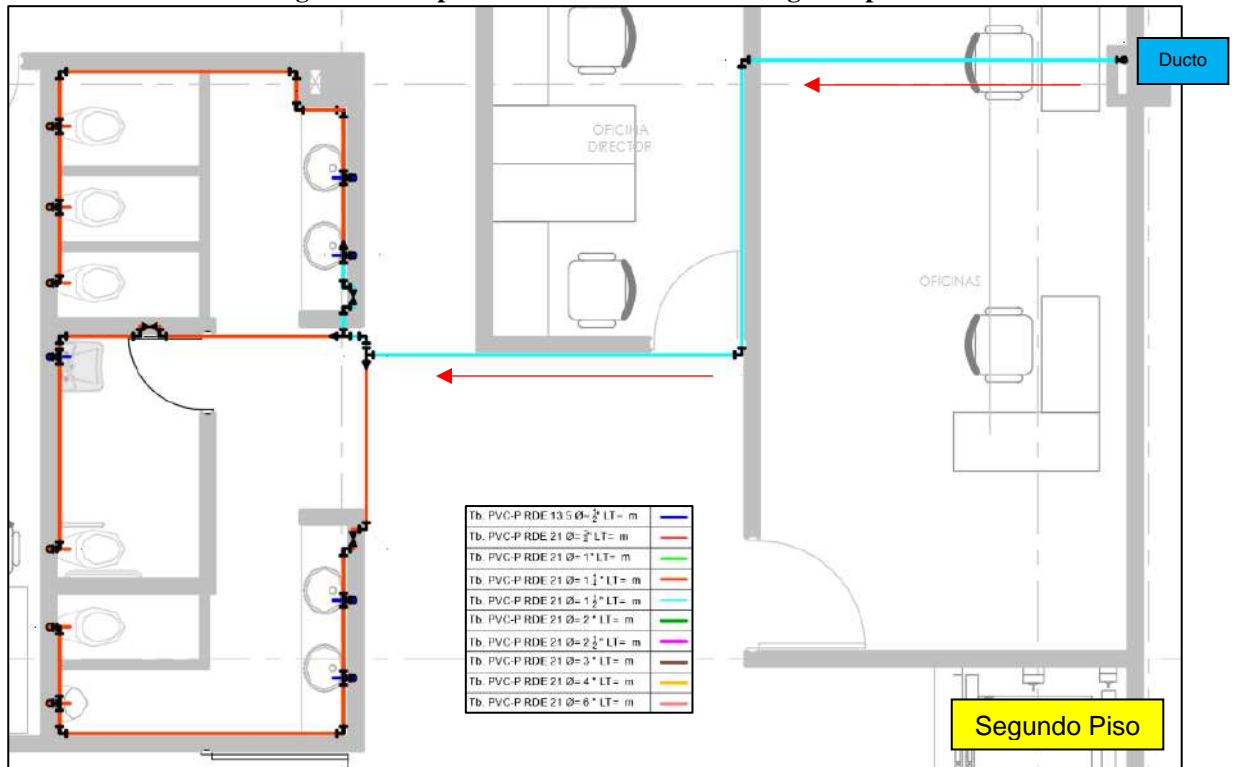


Figura 5-2. Implantación redes hidráulicas segundo piso.



Fuente: Elaboración Propia.

5.3. DISEÑO EQUIPO DE BOMBEO

Una vez efectuado el diseño de las redes internas de cada piso y conociendo los requerimientos hidráulicos de caudal y presión para el sistema completo, se procede con el cálculo del equipo de presión de la edificación. Se presentan los parámetros iniciales de cálculo del sistema:

Tabla 5-7. Parámetros iniciales equipo de presión.

Parámetro	Magnitud
Nº unidades	95
Qmax (L/s)	4.164
Presión (m)	40.64

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1. Caudal de Diseño

✓ Criterio Uso de Establecimiento

La capacidad de la bomba es determinada con base en el uso de la edificación y en el número de unidades de abastecimiento acorde a la siguiente tabla:

Tabla 5-8. Coeficiente para determinar la capacidad de la bomba.

Edificio	ΣUC: Suma de unidades de Consumo					
	Hasta 30 U.C	31-75 U.C	76-150 U.C	151-300 U.C	301-600 U.C	601-1000 U.C
Apartamentos	0.55	0.41	0.33	0.28	0.25	0.24
Comercio	0.8	0.6	0.48	0.42	0.36	0.35
Hospitales	0.9	0.76	0.63	0.54	0.45	0.4
Oficinas	1	0.8	0.65	0.55	0.45	0.35
Escuelas	1.2	0.9	0.75	0.63	0.52	-

Fuente: Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones. Arq. Melguizo.

Teniendo un factor de 0.65 y un número total de unidades de consumo de 95 con ayuda de la siguiente ecuación se obtuvo el caudal que debe aportar la bomba expresado en GPM.

$$q = F * \Sigma(U, C) = 61.75 \text{ GPM} = 3.89 \frac{L}{s}$$

✓ Criterio de Sensibilidad

Para que el tanque hidroneumático se justifique en una determinada instalación, Q_b deberá ser como mínimo del orden de 1.25 Q sistema a la presión mínima requerida por el sistema. Una buena práctica es contar con Q_b igual o superior a 1.5 veces el caudal del sistema Q_s . El cálculo del tamaño del tanque hidroneumático, basado en la relación Q_b/Q_s variable entre 1.25 y 2.0, sin exceder la máxima frecuencia de arranques del motor, permite evaluar la conveniencia de disminuir el tamaño del tanque y de la bomba, y con ello disminuir también el costo de la inversión inicial, a cambio del aumento del tiempo de operación de la bomba en el ciclo y del correspondiente aumento del costo de operación (el costo de la energía). Para relaciones de Q_b/Q_s superiores a 2.0, el tamaño del tanque y de la bomba se incrementan notablemente, así como el costo respectivo.

$$Q_b = 4.16 * 1.25 = 5.20 \frac{L}{s} \rightarrow 82.5 \text{ GPM}$$

Cuanto mayor sea Q_b , en comparación con Q_s , menor será el tiempo de operación de la bomba en el intervalo de tiempo fijado por el número de arranques/h del motor y mayor será el tamaño del tanque hidroneumático. Cuando Q_b sea igual a 2 Q_s , la bomba operará la mitad del tiempo del intervalo y la otra mitad de tiempo el caudal será suministrado al sistema por el tanque hidroneumático

Así las cosas, el sistema hidroneumático se diseña para el caudal de bombeo resultado del **promedio** de los dos criterios.

$$Q_{\text{diseño}} = 4.55 \frac{L}{s} \rightarrow 72 \text{ GPM}$$

5.3.2. Cálculo Equipo de Bombeo

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas previamente para la evaluación de las pérdidas y aplicación de las ecuaciones que definen el flujo a presión, se obtienen los siguientes resultados para el equipo de bombeo:

Tabla 5-9. Cálculo equipo de bombeo para hidroneumático.

Tramo	Q(L/s)	Material	D(")	j(m/m)	V(m/s)	Hv(m)	Lhor(m)	Lver(m)
15 – Tanque	4.16	PVC	2.00	0.0552	1.78	0.161	1.37	0
Tanque – Bomba	4.55	PVC	2.00	0.0650	1.94	0.193	2.00	0
Succión	4.55	PVC	3.00	0.010	0.90	0.041	0.5	2.00

Tramo	Accesorios							Ltotal(m)	J(m.c.a)	Presión(m.c.a)
	C90	Vret	Vcomp	Vpie	Salida	Tee	Le(m)			40.64
15 – Tanque	0	0	1	0	0	1	1.20	2.57	0.142	0.303
Tanque – Bomba	0	0	0	0	0	1	0.96	2.96	0.192	0.385
Succión	3	1	1	1	1	1	25.14	27.64	0.273	2.314

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.3. Cálculo NPSH

Se encuentra definida por la siguiente expresión:

$$NPSH = P_{barométrica} - \text{Altura dinámica succión} - Jt.$$

La presión barométrica fue estimada con base en la altura sobre el nivel del mar del municipio de Cali, el cual se encuentra aproximadamente a 1000 m.s.n.m. Adicional a esto, se realizó el chequeo de la altura máxima de succión.

$$A.M.S = 10.33 - (a + b + c + d + e + f)$$

Donde:

- ✓ **a** = Pérdida debida a la temperatura (0.17 m).
- ✓ **b** = Pérdida debida a la altura sobre el nivel del mar (1.22 m).
- ✓ **c** = Pérdida debida a las depresiones barométricas (0.36 m).
- ✓ **d** = Pérdida debida al vacío imperfecto (2.4 m).
- ✓ **e** = Pérdida debida a la fricción y los accesorios (0.273 m).
- ✓ **f** = Pérdida debida a la energía cinética (0.041 m).

$$A.D.S = 2.31 \text{ m}$$

$$A.M.S = 5.87 \text{ m}$$

$$N.P.S.H = 10.21 - A.D.S - a = 6.63$$

Para proceder con el cálculo de la potencia, es necesario calcular la altura dinámica total, de la siguiente manera:

$$Ht = \text{Altura estatica} + \text{Altura dinamica de succión} = 43.34 \text{ m.c.a} \rightarrow 62 \text{ PSI}$$

Así las cosas, el sistema hidroneumático debe funcionar en el rango de 85 PSI, por lo que se eligió un rango de trabajo de **60 – 80 PSI**. Es importante que quede claro, que la bomba debe trabajar para el rango de presiones del tanque hidro acumulador, es decir, deberá trabajar para una altura dinámica total de **80 PSI -> 56.3 m.c.a.** Por lo que estimando un 65% de eficiencia de trabajo para la bomba y con el respectivo caudal de trabajo, se obtuvo la siguiente potencia:

$$P = \frac{\gamma * Ht * Q}{76n} = 5.18 \text{ HP} \rightarrow \text{Se aproxima a 5 HP}$$

5.3.4. Cálculo Tanque Hidro acumulador

Para encontrar el volumen del tanque hidroneumático que abastecerá esta red, es necesario conocer algunos datos importantes obtenidos previamente, como lo son:

- ✓ Potencia bomba (5 HP).
- ✓ Numero de bombas (1).
- ✓ Caudal (72 GPM).

A partir de estos datos y de las presiones obtenidas previamente, se seleccionó el rango de presión en el que se encontrara trabajando el equipo, obteniendo como resultado un rango de trabajo de 60 – 80 PSI. Adicional a esto, es necesario encontrar el volumen de regulación del tanque, para lo cual se estimó un periodo de trabajo y el número de ciclos de trabajo de la bomba en base a la siguiente tabla.

Tabla 5-10. Periodo de trabajo y numero de ciclos de trabajo de la bomba.

Potencia (HP)	T(min)	Nº Ciclos/h
1-3	1.2	50
3-5	1.8	33
5-7.5	2	30
7.5-15	3	20
15-30	4	15
Sobre 30	6	10

Fuente: Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Ing. Rafael Pérez Carmona.

Para una potencia de 5 HP, se obtuvo un tiempo de trabajo de 1.8 min y 33 ciclos/hora.

Partiendo de la hipótesis de que el Qof es aproximadamente el 25% del Qon y para un Qon de 72 GPM, se obtuvo un Qmd y un Volumen de regulación de:

$$Qmd = 45.08 \text{ GPM}$$

$$Vr = 20.28 \text{ Galones} = 76.8 \text{ Litros, para 33 ciclos máximo}$$

A partir de este volumen de regulación se calculó el volumen total del tanque hidroneumático, así:

$$V_{hc} = \frac{VR * PA}{P1 - P2}$$

Donde:

- ✓ PA = Presión absoluta (P1+1).
- ✓ P1 = Presión asociada al valor superior del rango (atm).
- ✓ P2 = Presión asociada al valor inferior del rango (atm).

$$P1 = 5.4 \text{ atm}$$

$$P2 = 4.1 \text{ atm}$$

$$PA = 6.4 \text{ atm}$$

$$V_{hc} = 363.55 \text{ L} \rightarrow \text{Se escoge un volumen adaptado al comercio de } \mathbf{300 \text{ Litros}}$$

Adicional a esto, por seguridad y para prevenir daños en la bolsa de neopreno, en caso de daño en el presostato y que este no envíe la señal de apagado, se calcula el volumen de la bolsa con la presión de corte Pc.

$$V_{bc} = V_{hc} * \frac{Pc - P_{min}}{Pc + 1}$$

Donde:

- ✓ Vbc = Volumen de la bolsa corregido (Litros).
- ✓ Pc = Presión de corte (85 PSI = 5.8 atm).
- ✓ Vhc = Volumen hidroneumático precargado (300 Litros).

$$V_{bc} = 75 \text{ Litros}$$

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes especificaciones para los equipos proyectados:

Tabla 5-11. Cálculo equipo de bombeo para hidroneumático.

Parámetro	Magnitud
Caudal Comercial (L/s)	4.55
Caudal Comercial (GPM)	72
Potencia Comercial (HP)	5
Volumen Tanque (L)	300
Volumen Regulación (L)	75
Presión Corte (PSI)	85

Fuente: Elaboración Propia.

6. DISEÑO REDES SANITARIAS

El vertimiento de las aguas negras será realizado a través de una red de recolección compuesta por tuberías de diferentes diámetros y cajas de inspección. Posteriormente, serán conducidas hacia un pozo de inspección proyectado que recolectara ambas aguas para entregar al sistema existente en el punto definido previamente sobre la **Calle 16**.

6.1. DISEÑO REDES INTERNAS

Como primera medida se estimaron los consumos correspondientes para cada aparato, en base a las unidades de consumo establecidas en el Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Tabla 6-1. Unidades de desagüe asignados a los aparatos.

Aparato	Uso	Valores de Descarga
Lavaplatos	Público – Privado	3 – 1
Lavamanos	Público – Privado	1 – 1
Orinal F	Público – Privado	4 – 4
Inodoro F	Público – Privado	4 – 4
Poceta	Público – Privado	2 – 2
Sifón	Público – Privado	2 – 2

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Para obtener el caudal máximo probable asociado a estos consumos se hizo uso de la Tabla de consumos y demandas usada para el diseño de las redes hidráulicas, tomando los valores asociados al predominio de aparatos fluxómetros, ya que este comportamiento se ajusta más a la curva de hunter para aparatos sanitarios. De igual manera que para las redes hidráulicas, si el valor obtenido de unidades de consumo no se encuentra en la tabla, por medio de una interpolación lineal se debe hallar su magnitud correspondiente.

Tabla 6-2. Tabla para estimación de descarga/pisos.

Aparato	Cantidad	Valores de Carga	Total
Primer Piso			
Lavaplatos	1	3	3
Lavamanos	5	1	5
Orinal F	1	4	4
Inodoro F	5	4	20
Poceta	1	2	2
Sifón	4	2	8
Total	17	Total	42
Caudal Máximo Probable (L/s)			2.965
Segundo Piso			
Lavaplatos	0	3	0
Lavamanos	5	1	5
Orinal F	1	4	4
Inodoro F	5	4	20
Poceta	0	2	0
Sifón	3	2	6

Total	14	Total	35
Caudal Máximo Probable (L/s)		2.776	
Edificio Completo			
Total	31	Total	77
Caudal Máximo Probable (L/s)		3.806	

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.1. Materiales

La tubería ha sido proyectada en **PVC**.

6.1.2. Diámetros

Para estimar el diámetro interno real de las tuberías, se usó el **Manual Técnico Tubo sistemas Sanitaria PVC PAVCO** el cual dependiendo de la relación diámetro espesor RDE, estipula los siguientes diámetros:

Tabla 6-3. Diámetros tubería sanitaria PVC.

Diámetro nominal pulg.	Diámetro interior promedio	
	(mm)	(m)
1.1/2	42.68	0.04268
2	54.48	0.05448
3	76.2	0.0762
4	107.7	0.1077
6	160.04	0.16004

Fuente: Manual técnico tubo sistemas sanitaria PVC PAVCO.

6.1.3. Pendientes

Para estimar la pendiente de las tuberías horizontales se usó la siguiente tabla. Por recomendación general, para un diámetro de **2"** no se deben usar pendientes menores al **2%** para redes sanitarias internas y para diámetros entre **3"** y **6"**, la pendiente no debe ser menor al **1%**.

Tabla 6-4. Pendientes tuberías.

D _{tubería} (")	Máximo número de unidades de desagüe de aparatos conectados a cualquier porción del desagüe o alcantarillado de la edificación, incluyendo los ramales del desagüe de la edificación			
	Pendiente (%)			
	0.5%	1%	2%	4%
1 1/4	-	-	1	1
1 1/2	-	-	3	3
2	-	-	21	26
2 1/2	-	-	24	31
3	-	36	42	50
4	-	180	216	250
5	-	390	480	575
6	-	700	840	1000
8	1400	1600	1920	2300
10	2500	2900	3500	4200

12	3900	4600	5600	6700
15	7000	8300	10000	12000

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

6.1.4. Velocidades

La velocidad mínima, debe ser aquella que genere un esfuerzo cortante mínimo de **1.5 N/m²** y se ha estipulado una velocidad máxima de **5 m/s**.

6.1.5. Sistema de Ventilación

6.1.5.1. Diámetros Ramales

Los diámetros de la tubería de ventilación horizontal fueron estimados a partir del número de unidades de descarga en el respectivo ramal horizontal de desagüe, y teniendo en cuenta las longitudes máximas de desarrollo de la tubería de ventilación para los diferentes ramales del sistema.

Tabla 6-5. Diámetro y longitud máxima de circuitos de ventilación.

Diámetro del ramal horizontal de desagüe	Número máximo de unidades de descarga	Diámetro del tubo de ventilación						
		38 mm	51 mm	64 mm	76 mm	102 mm	127 mm	
		1 1/2 "	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	
Máxima longitud del tubo de ventilación (m)								
38 mm	1 1/2"	10	6					
51 mm	2"	12	4.5	12				
51 mm	2"	20	3	9				
76 mm	3"	10		6	12			
76 mm	3"	30		-	12	30		
76 mm	3"	60		-	4.8	24		
102 mm	4"	100		2.1	6	15.6	60	
102 mm	4"	200		1.8	5.4	15	54	
102 mm	4"	500			4.2	10.8	42	
127 mm	5"	200				4.8	21	60
127 mm	5"	1100				3	12	42

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

6.1.5.2. Diámetro Ventilación Principal

Para estimar el diámetro de las bajantes de ventilación principal, se tomaron en cuenta las unidades de descarga correspondientes a los aparatos del ramal de descarga que se debe ventilar, el diámetro de la bajante de aguas residuales y tomando las alternativas más económicamente viables y convenientes para el proyecto, se definió utilizar bajantes de 2" y 3" para cada caso, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 6-6. Diámetros y longitud de desarrollo de bajantes de ventilación y de ventilación vertical.

Diámetro de la bajante de aguas residuales o servidas (")	Total de unidades de aparato ventiladas (UAD)	Máxima longitud de desarrollo para la ventilación (m)										
		Diámetro de la ventilación (")										
		1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12
1 1/4	2	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2	8	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2	10	9.1	30.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	12	9.1	22.9	61	-	-	-	-	-	-	-	-
2	20	7.9	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-
2 1/2	42	-	9.1	30.5	91.4	-	-	-	-	-	-	-
3	10	-	12.8	45.7	109.7	317	-	-	-	-	-	-
3	21	-	9.8	33.5	82.3	246.9	-	-	-	-	-	-
3	53	-	8.2	28.6	70.1	207.3	-	-	-	-	-	-
3	102	-	7.6	26.2	64	189	-	-	-	-	-	-
4	43	-	-	10.7	25.9	76.2	298.7	-	-	-	-	-
4	140	-	-	8.2	19.8	61	228.6	-	-	-	-	-
4	320	-	-	7	16.8	51.8	195.1	-	-	-	-	-
4	540	-	-	6.4	15.2	45.7	176.8	-	-	-	-	-
5	190	-	-	-	8.5	25	97.5	301.7	-	-	-	-

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

El sistema de ventilación sanitaria funcionará mediante 1 bajante principal en 3" que forman una ventilación en circuito en cada piso de acuerdo a la localización de los aparatos hidrosanitarios, en donde también se integran parales de ventilación individuales en los casos requeridos. La bajante principal de ventilación debe tener un terminal acorde a la normativa con un espaciamiento de mínimo **0.15 m** con respecto a la cubierta, y una salida que garantice su impermeabilidad. Los parámetros antes mencionados, así como los diámetros y distancias mínimas y máximas requeridas en el sistema de ventilación sanitaria, están dados en base a lo establecido en el Código Colombiano de Instalaciones hidráulicas y sanitarias NTC 1500.

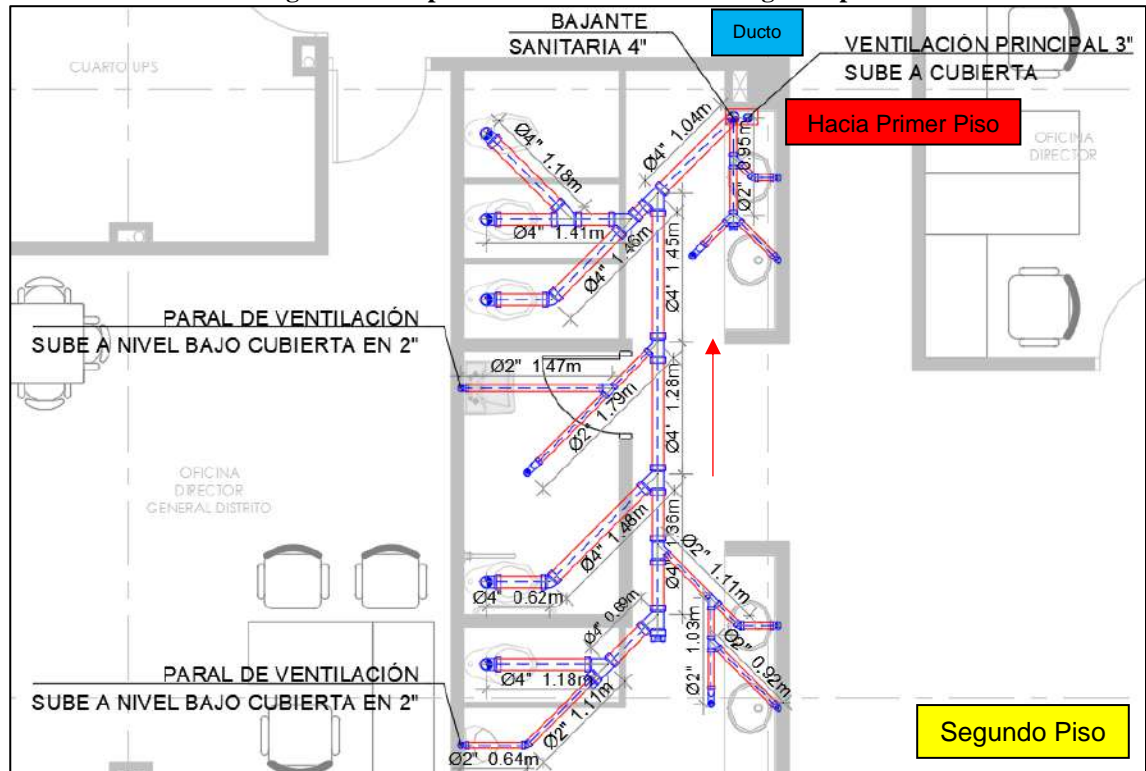
6.1.6. Resultados

En los anexos se muestran las tablas con los resultados del diseño de la red de desagües sanitarios internos de cada uno de los pisos, en la cual se consignan las diferentes características evaluadas para cada uno de los tramos de la red y de igual manera parámetros finales de suma importancia como lo son los diámetros, velocidades y esfuerzos cortantes, de tal forma que se cumpla con los requisitos mínimos y máximos exigidos por la norma.

6.1.6.1. Implantación Redes

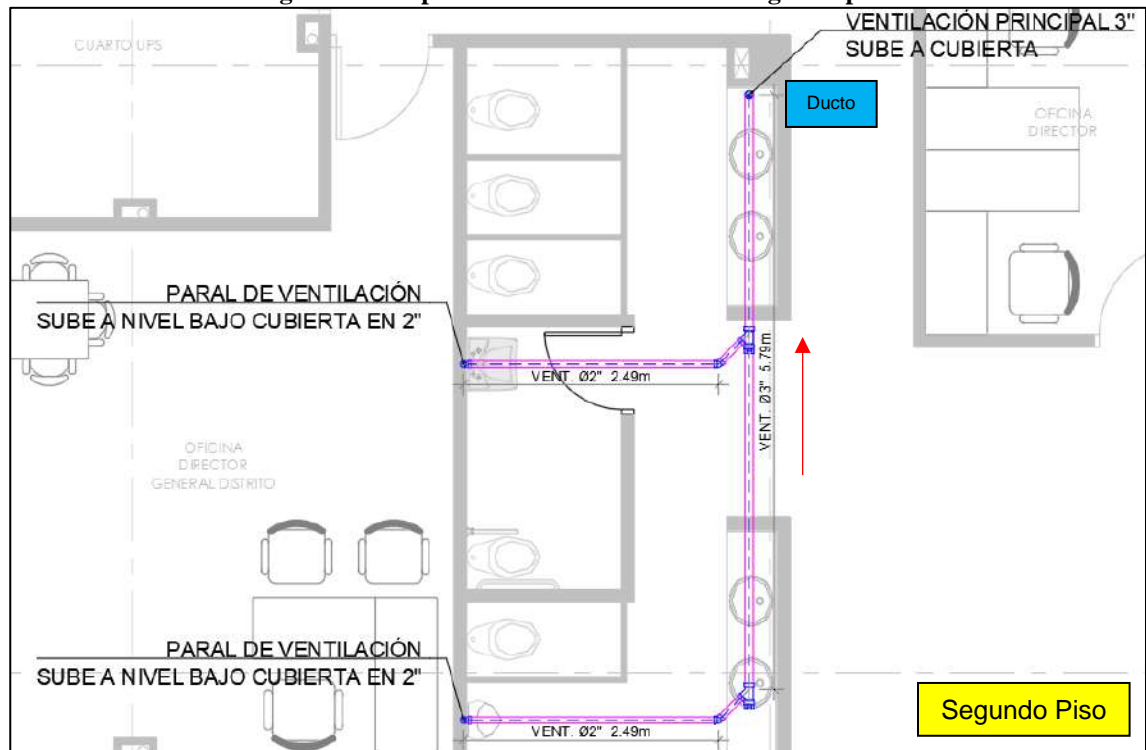
A continuación, se muestran de manera esquemática la implantación de las redes proyectadas en cada uno de los pisos junto con el sistema de ventilación proyectado.

Figura 6-1. Implantación redes sanitarias segundo piso.



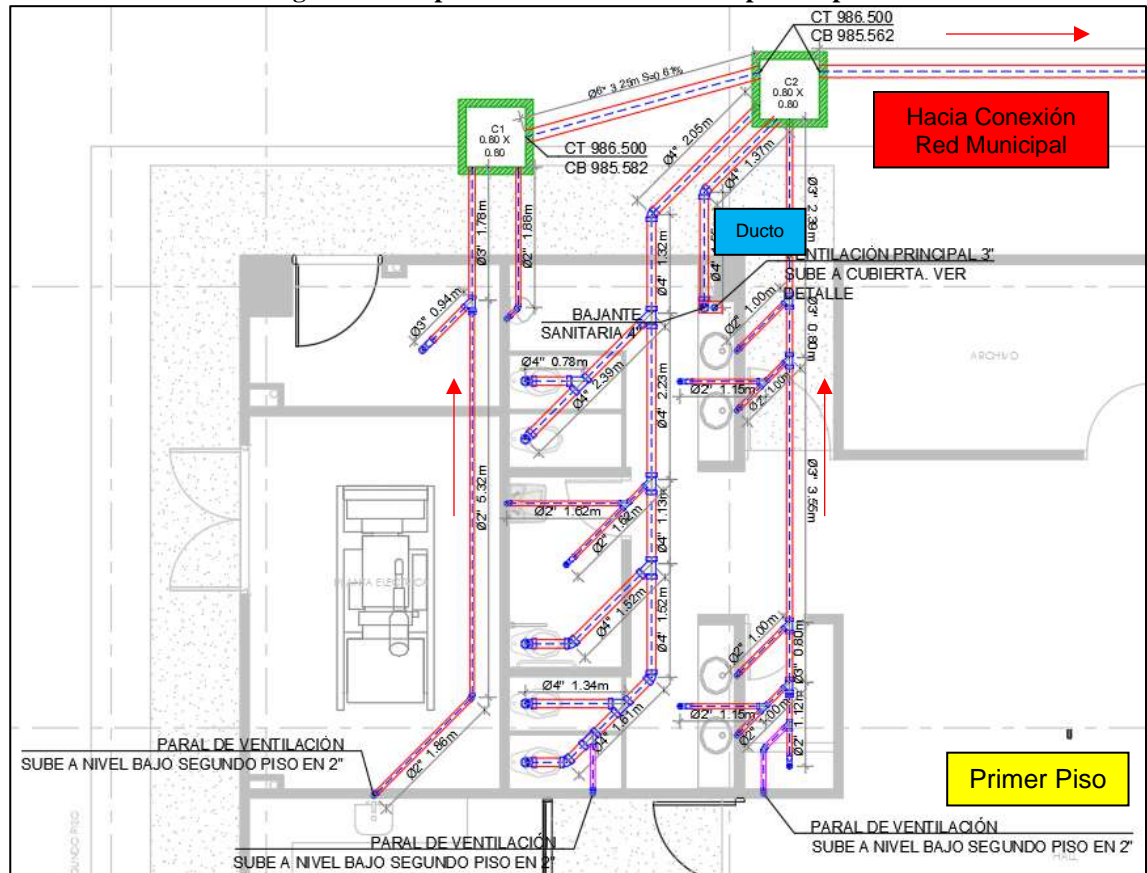
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6-2. Implantación redes ventilación segundo piso.



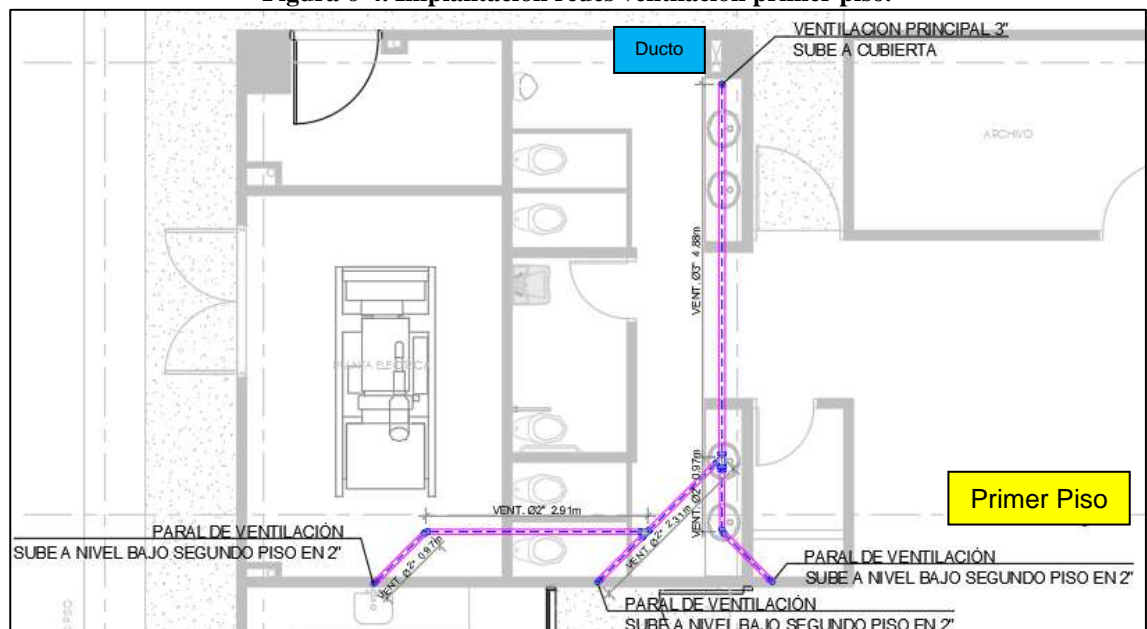
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6-3. Implantación redes sanitarias primer piso.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6-4. Implantación redes ventilación primer piso.



Fuente: Elaboración Propia.

6.2. DISEÑO REDES EXTERNAS

Como se mencionó previamente el sistema proyectado contempla la conexión con el pozo existente sobre la **Calle 16** a una profundidad de **1.2 m**. Las proyecciones de las redes se presentan en la siguiente figura:

Figura 6-5. Redes alcantarillado proyectadas.



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1. Caudales de Diseño

Los caudales asociados a las descargas fueron obtenidos con las unidades de consumo asociadas a los bloques de edificaciones en función de la carga hidráulica aportada por los aparatos hidrosanitarios de cada una.

6.2.2. Parámetros de Diseño

La Resolución N° 0330 de 2017 Capítulo 4 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y PLUVIALES establece en el **Artículo 146 – Requisitos de diseño de alcantarillados condominales**: “Se requiere cumplir con los siguientes requisitos de diseño:

1. Su trazado se debe realizar por la acera o dentro de los lotes privados.
2. Para tramos ubicados dentro de los lotes residenciales, la profundidad mínima a cota clave es de 0.30 m, y para los tramos ubicados en la acera es de 0.60 m. En cruces de vías y en la entrada de garajes se deben prever protecciones estructurales para la tubería o garantizar un recubrimiento mínimo de 1.0 m.
3. El diámetro interno mínimo real es de 145 mm.

4. *El esfuerzo cortante en la pared de la tubería es mínimo de 1,0 Pa, determinado para el caudal de diseño en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño.*
5. *La velocidad real máxima permitida dentro de un colector es de 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño.*
6. *La profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 80% del diámetro interno real de este.*
7. *Se deben instalar cámaras o registros de inspección circular o rectangular por cada lote, con distancias máximas entre sí de 25 m La dimensión mínima es de 0,60 m de diámetro en el caso de las circulares y de 0,60 m * 0,60 m en el caso de las rectangulares.”*

7. DISEÑO REDES AGUAS LLUVIAS

El sistema de aguas lluvias, comprende la recolección y evacuación de aguas lluvias que se precipitan sobre las cubiertas de la edificación hacia el punto de descarga definido sobre el canal existente en el costado Sur de la construcción, el cual atraviesa el predio de la universidad. La evacuación de aguas pluviales del área del proyecto está compuesta por varios procesos dependientes cada uno de ellos de las características de la estructura o elemento del proyecto. Entre estos procesos se puede distinguir:

- ✓ Recolección de las aguas lluvias que se precipitan en las cubiertas por medio de sistema de canaletas y vigas canales.
- ✓ Evacuación del agua recolectada por canaletas y vigas canales a las bajantes.
- ✓ Descarga de las aguas lluvias por medio de un sistema de redes y cajas de inspección que las conduzcan hacia el punto de descarga definido.

Para efectuar el diseño de las obras hidráulicas necesarias para recolectar las aguas lluvias, fue necesario como primera medida obtener los caudales de diseño de los componentes proyectados

7.1. CAUDALES DE DISEÑO

La **Resolución N° 0330 de 2017 Capítulo 4 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y PLUVIALES** establece en el **Artículo 135 – Caudal de Aguas Lluvias**: “*La estimación de los caudales de aguas lluvias para el diseño de colectores y canales se debe realizar mediante modelos lluvia – escorrentía. Se puede utilizar el método racional, siempre y cuando el área de drenaje sea inferior a 80 ha.*” Este modelo establece que el caudal superficial producido por una precipitación es igual a:

$$Q = C * I * A$$

- ✓ **Q** = Caudal superficial (m³/s).
- ✓ **C** = Coeficiente de escorrentía (1 -> Impermeable).
- ✓ **I** = Intensidad promedio de la lluvia (mm/h).
- ✓ **A** = Área de drenaje (m²).

7.1.1. Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía tiene un significado similar al del coeficiente de retorno en el cálculo de un alcantarillado sanitario. No toda el agua lluvia precipitada llega al sistema proyectado, pues una parte se pierde por factores como evaporización, intercepción vegetal o infiltración. De todos los factores anteriores el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno, por lo que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad. Teniendo en cuenta que el área precipitada se presenta

sobre las cubiertas, las cuales se asocian con un área impermeable, se asume un coeficiente impermeable, es decir, **C=1**.

7.1.2. Intensidad – Duración – Frecuencia

En ausencia de la información pluviométrica disponible debido a la caída del portal del IDEAM, las curvas de intensidad – duración – frecuencia fueron obtenidas con base el método simplificado propuesto por Rodrigo Vargas de la siguiente manera:

$$I = a * \frac{T^b}{t^c} * M^d$$

- ✓ **a, b, c, d** = Coeficientes para la región pacífico (13.92, 0.19, 0.58, 0.20)
- ✓ **t** = Tiempo de concentración (min).
- ✓ **T** = Periodo de retorno (años).
- ✓ **M** = Precipitación máxima anual promedio (71.08 mm)

La precipitación máxima anual promedio fue obtenida a través de los registros mensuales de la página weatherspark.com

7.1.2.1. Periodo de Retorno y Tiempo de Concentración

El código de fontanería NTC 1500 estipula en el capítulo 12.6.1. Generalidades: *“El diámetro de los conductores verticales y bajantes, drenajes de la edificación y alcantarillado de aguas lluvias de la edificación y cualquier ramal horizontal de dichos drenajes o alcantarillas debe basarse en el caudal de precipitación con duración de **10 min** a un intervalo de **10 años**.”*

7.1.2.2. Intensidad de Diseño

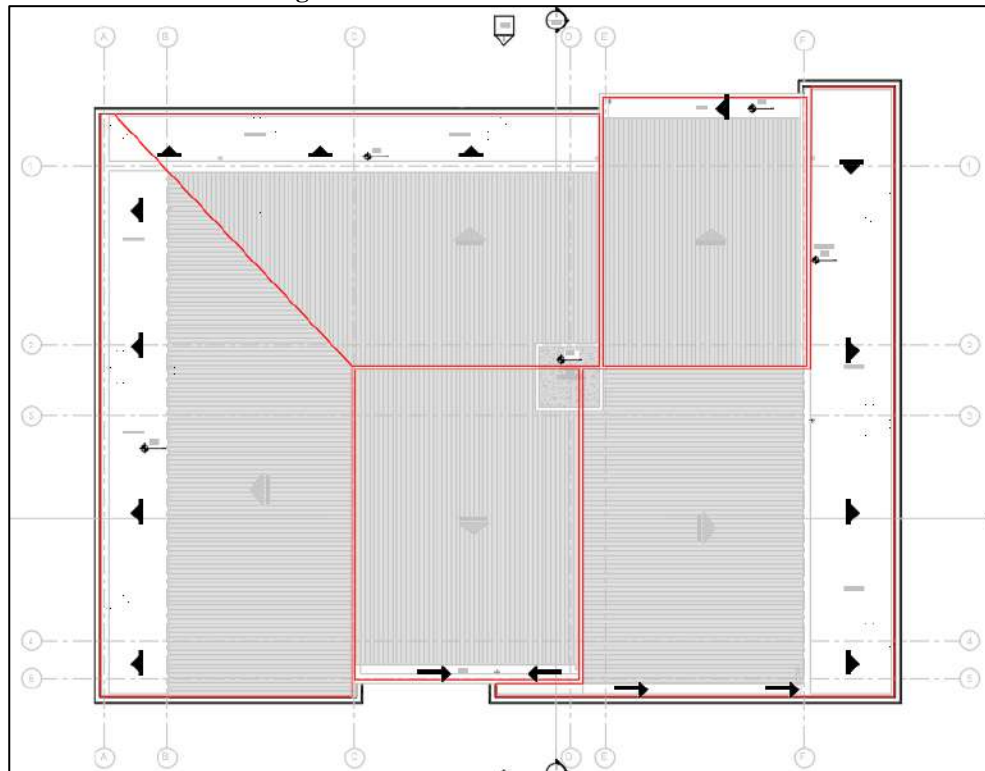
Aplicando la ecuación anterior y los parámetros de periodo y tiempo de concentración se obtuvo la siguiente intensidad de diseño:

$$I_D = 143 \frac{mm}{h}$$

7.1.3. Áreas y Caudales de Drenaje

Se realizó una sectorización de las áreas aferentes a cada una de las bajantes y canales proyectadas en las cubiertas de la edificación donde se recolectará agua. Posteriormente aplicando la ecuación del método racional se obtuvieron los caudales de drenaje aferentes a cada área

Figura 7-1. Sectorización áreas cubierta.

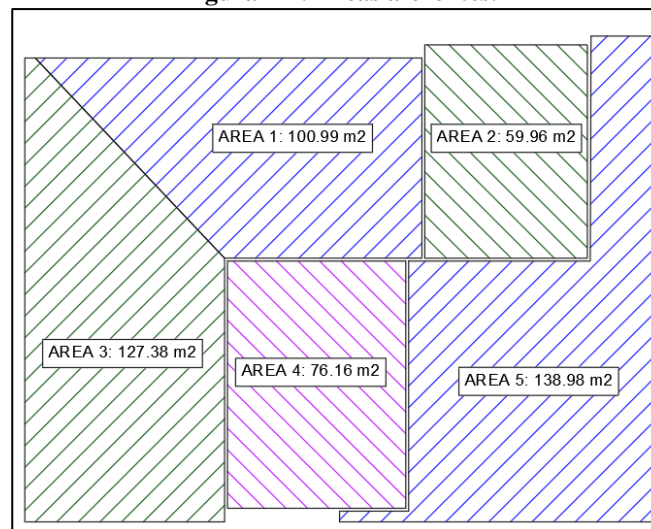


Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7-1. Áreas de drenaje cubierta.

Ai	Area (m ²)	Caudal (L/s)	Caudal (L/min)
A1	100.99	4.01	240.68
A2	59.96	2.38	142.90
A3	127.38	5.06	303.58
A4	76.16	3.03	181.51
A5	138.98	5.52	331.22

Figura 7-2. Áreas aferentes.



Fuente: Elaboración Propia.

7.2. RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Como se mencionó previamente, las aguas lluvias serán recolectadas a través de un sistema de canaletas y tuberías horizontales. Teniendo en cuenta que la edificación cuenta con la proyección de vigas canales, estas recolectaran las precipitaciones presentadas en las áreas A1, A3 y A5, por lo que habrá que proyectar canaletas para recolectar las precipitaciones producidas sobre las áreas A2 y A4.

7.2.1. Canaletas

Las canaletas horizontales fueron determinadas en función del caudal obtenido para cada área aferente. A manera de verificación con ayuda del software HCANALES se establecieron las dimensiones apropiadas para las canaletas que recogen el agua y la conducen hacia las bajantes de aguas lluvias de tal manera que se respetaran los límites expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 7-2. Capacidad máxima canaleta horizontal.

Dimensiones Canaleta		Pendiente	Capacidad	
Base (mm)	Altura (mm)	mm/m	L/min	L/s
38.1	63.5	20.83	98.41	1.64
38.1	63.5	41.65	151.4	2.52
101.6		10.41	147.61	2.46
57.15	76.2	20.83	208.17	3.47
57.15	76.2	41.65	329.3	5.49
127		10.41	280.1	4.67
101.6	63.5	20.83	401.21	6.69
76.2	88.9	41.65	594.25	9.90
152.4		10.41	416.35	6.94
76.2	127	20.83	594.25	9.90
76.2	127	41.65	851.62	14.19
203.2		5.21	651.02	10.85
203.2		10.41	934.9	15.58
114.3	152.4	20.83	1317.18	21.95
114.3	152.4	41.65	1869.79	31.16
254		5.21	1525.28	25.42
254		10.41	1786.52	29.78
127	203.2	20.83	2464.03	41.07
101.6	254	41.65	3993.17	66.55

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Tabla 7-3. Dimensiones canaletas proyectadas.

Diseño Canales					
Canal	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /s)	Base (m)	Altura (m)	Pendiente (m/m)
C1	2.38	0.0024	0.3	0.2	0.0025
C2	3.03	0.0030	0.3	0.2	0.0025

Fuente: Elaboración Propia.

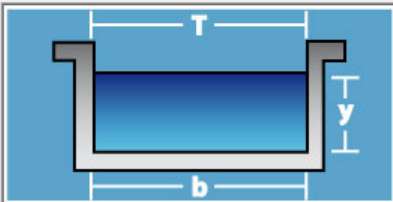
Se realizó la verificación de la capacidad máxima de los canales proyectados:

Figura 7-3. Capacidad canaletas proyectadas.

Lugar:	<input type="text" value="Cali"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Univalle"/>
Tramo:	<input type="text" value="C1:C2"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Plastico"/>

Datos:

Tirante (y) :	<input type="text" value="0.2"/>	m
Ancho de solera (b) :	<input type="text" value="0.3"/>	m
Talud (Z) :	<input type="text" value="0"/>	
Coefficiente de rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S) :	<input type="text" value="0.0025"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q) :	<input type="text" value="0.0583"/>	m ³ /s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="0.9720"/>	m/s
Área hidráulica (A) :	<input type="text" value="0.0600"/>	m ²	Perímetro (p) :	<input type="text" value="0.7000"/>	m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0.0857"/>	m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="0.3000"/>	m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0.6939"/>		Energía específica (E) :	<input type="text" value="0.2482"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Fuente: Elaboración Propia – HCANALES.

7.2.1. Tuberías Horizontales

Las tuberías horizontales de drenaje de aguas lluvias fueron determinadas en función del caudal a través del drenaje de la cubierta teniendo en cuenta los parámetros expuestos en la siguiente tabla:

Tabla 7-4. Capacidad máxima del tubo de drenaje de aguas lluvias.

D (")	Capacidad (L/min)					
	Drenaje Vertical	Pendiente del drenaje horizontal				
		0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%
2	128.7	40.28	56.8	83.27	117.3	166.54
3	329.3	104.68	147.6	208.2	299	420.1
4	681.3	217.45	306.6	435.3	616	874.3
5	1177.1	314.04	442.8	624.5	885.7	1252.8
6	2036.3	652.34	919.8	1302	1843.3	2607.9
8	4227.8	1355.60	1911.4	2702.5	3822.8	5408.8
10	7759.2	2488.44	3508.7	4962.2	7021.2	9928
12	12384.5	3972.91	5601.8	7922	11203.6	15847.8
15	20980.22	7051.63	9942.8	13421.6	18985.6	26847

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

Las tuberías de drenaje horizontal han sido proyectadas con una pendiente del **0.25%** en la zona de las cubiertas y de **0.5%** en la zona de descarga.

7.3. EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Por su parte, el agua será evacuada recolectada será evacuada inicialmente a través de las bajantes de aguas lluvias:

7.3.1. Bajantes

Las aguas recolectadas por las canaletas y las tuberías de drenaje horizontales serán evacuadas de la edificación través de las bajantes de aguas lluvias; teniendo en cuenta el caudal obtenido previamente y con ayuda de la siguiente tabla, se estableció el diámetro adecuado de las bajantes de aguas lluvias de las edificaciones.

Tabla 7-5. Capacidad máxima bajantes verticales de desagüe de aguas lluvias.

D (")	C (L/min)	C(L/s)
2	113.55	1.89
2 x 2	113.55	1.89
1 ^{1/2} x 2 ^{1/2}	113.55	1.89
2 ^{1/2}	204.4	3.41
2 ^{1/2} x 2 ^{1/2}	204.4	3.41
3	348.22	5.80
2 x 4	348.22	5.80
2 ^{1/2} x 3	348.22	5.80
4	726.72	12.11
3 x 4 ^{1/4}	726.72	12.11
3 ^{1/2} x 4	726.72	12.11
5	1326.6	22.11
4 x 5	1326.6	22.11
4 ^{1/2} x 4 ^{1/2}	1326.6	22.11
6	2130.96	35.52
5 x 6	2130.96	35.52
5 ^{1/2} x 5 ^{1/2}	2130.96	35.52
8	4572.3	76.21
6 x 8	4572.3	76.21

Fuente: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500.

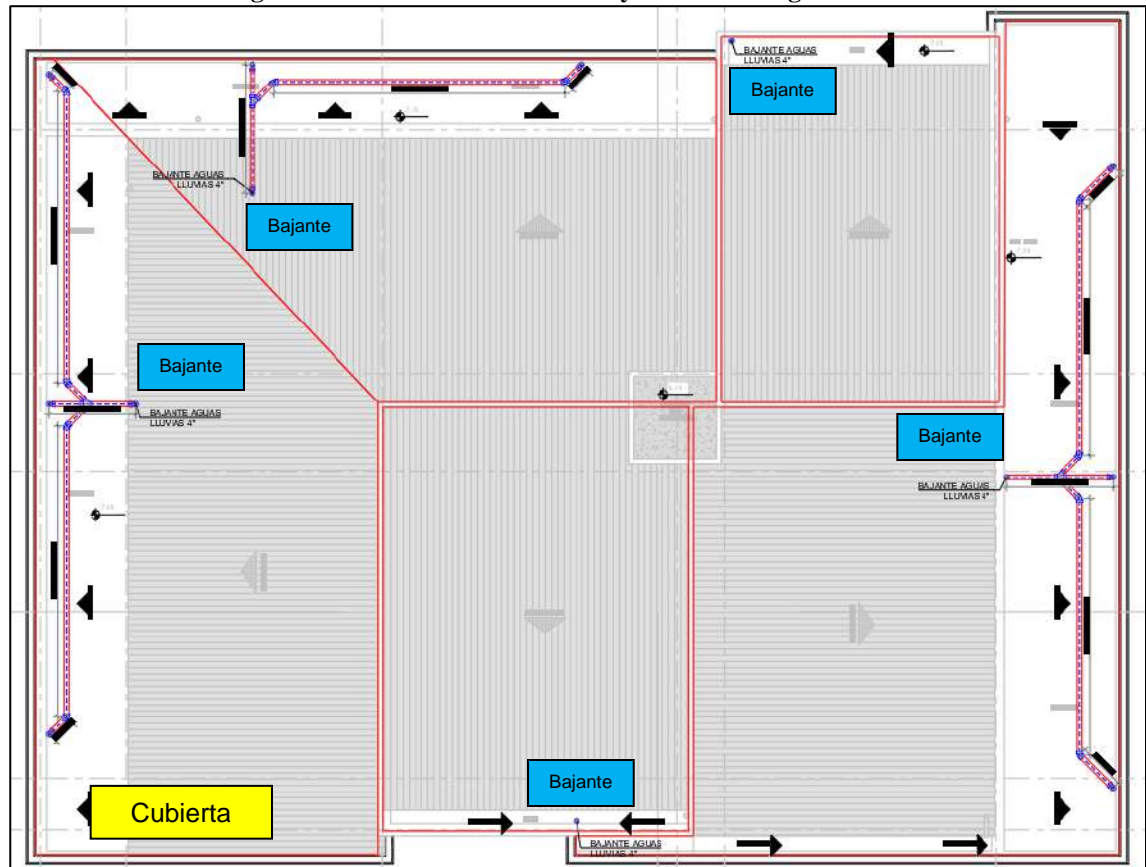
De esta manera se proyectan las siguientes bajantes de aguas lluvias para la evacuación del agua recolectada:

Tabla 7-6. Dimensiones bajantes proyectadas.

Diseño Bajantes		
Bajante	Caudal (L/s)	Diámetro (")
B1	4.01	4
B2	2.38	4
B3	5.06	4
B4	3.03	4
B5	5.52	4

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7-4. Sistema de evacuación y recolección aguas lluvias.



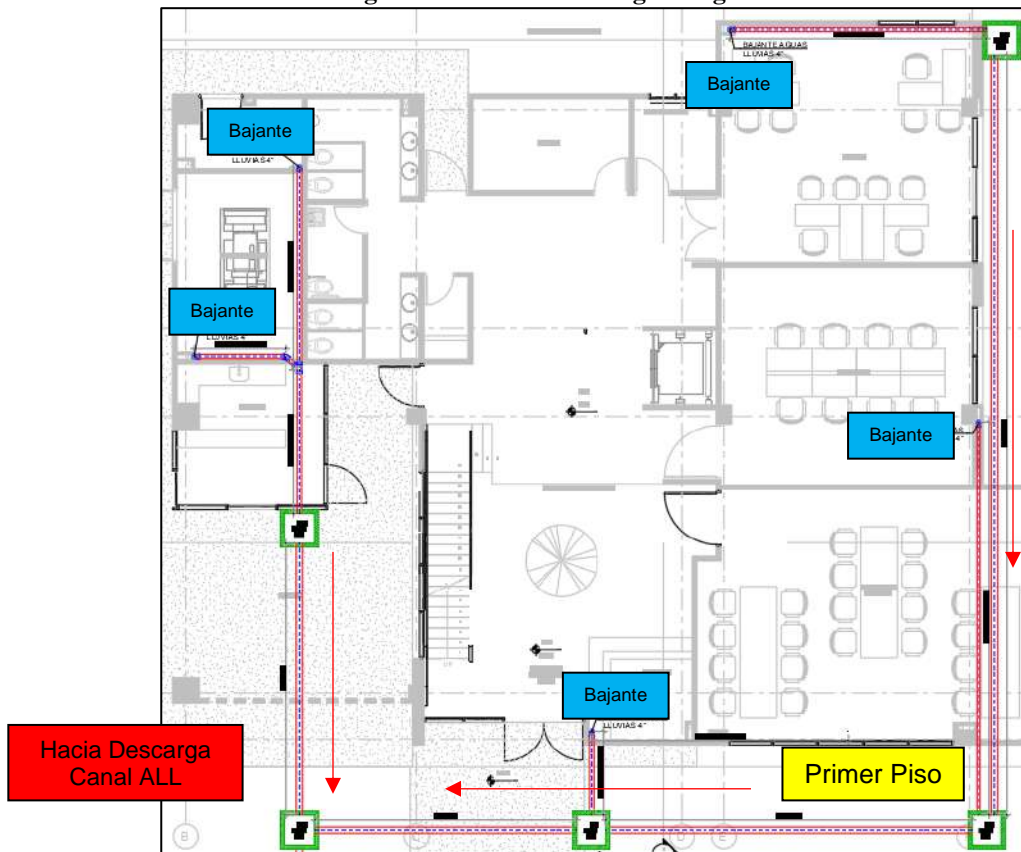
Fuente: Elaboración Propia.

7.4. DESCARGA AGUAS LLUVIAS

Finalmente se proyecta la descarga de las aguas lluvias evacuadas a través de un sistema de cajas de inspección y tuberías de alcantarillado, con disposición final en el canal de aguas lluvias existente en el predio de la universidad. Para efectuar el diseño se tuvieron en cuenta los caudales de recolección obtenidos y los parámetros de diseño expuestos en el sistema de redes sanitarias externo, considerando los siguientes dos cambios:

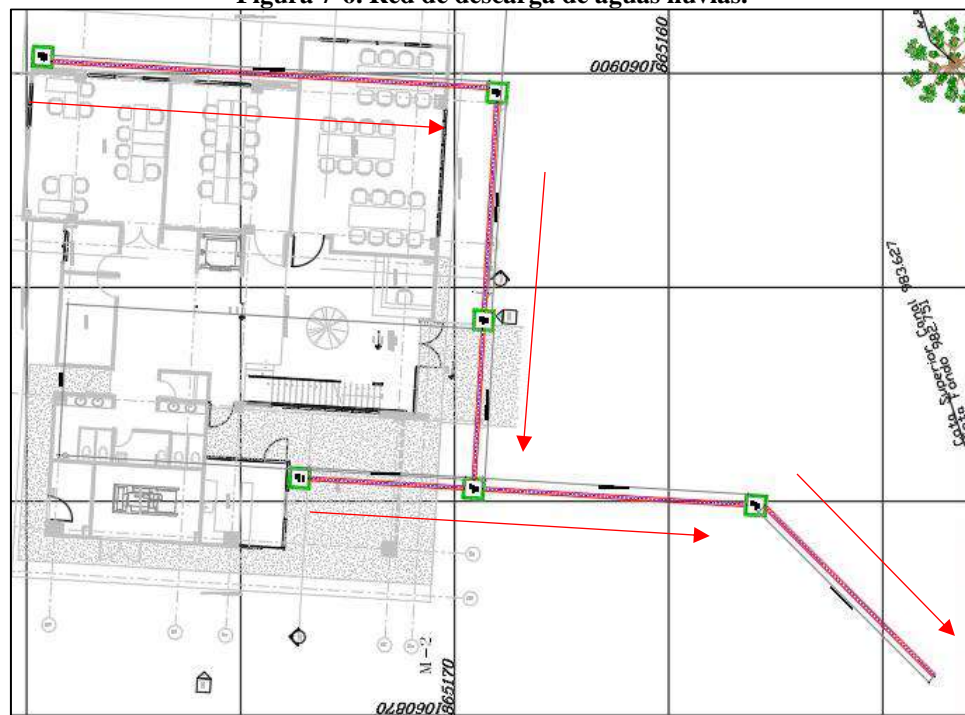
1. *El esfuerzo cortante en la pared de la tubería es mínimo de 2,0 Pa, determinado para el caudal de diseño en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño.*
2. *La profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 93% del diámetro interno real de este.*

Figura 7-5. Red de descarga de aguas lluvias.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7-6. Red de descarga de aguas lluvias.



Fuente: Elaboración Propia.

8. CONCLUSIONES

Mediante la metodología descrita en este documento técnico, ha sido posible realizar el diseño del sistema de distribución de redes hidráulicas y de recolección y evacuación de aguas negras y grises del proyecto “*REALIZAR LOS ESTUDIOS DE LOCALIZACIÓN DE LOTES, DE PLANTA FÍSICA, DE DISEÑO Y PLANOS, DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD, REQUERIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LA ADECUADA INFRAESTRUCTURA PARA LA INNOVACIÓN EN CADA UNO DE LOS SEIS MUNICIPIOS SEDE DEL DISTRITO DE LA INNOVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DENOMINADO ESTUDIO DE PREGACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DEL DISTRITO DE INNOVACIÓN EN EL VALLE DEL CAUCA. IDENTIFICADO CON EL BPIN 2018000100055*” específicamente del distrito de innovación proyectado en el municipio de Cali. El desarrollo del diseño presentado en esta memoria técnica ha sido realizado utilizando como información base la suministrada por el cliente. Por tal motivo, todos los análisis aquí realizados presentan esta consideración, por lo que cualquier cambio en los diseños establecidos en este documento técnico debe ser verificado bajo el cumplimiento de los requerimientos del proyecto y de las condiciones hidráulicas establecidas en el diseño por las debidas normatividades.

ALMACENAMIENTO Y ACOMETIDA

- ✓ Se proyecta un tanque de almacenamiento subterráneo con volumen útil de **5.7 m³** y dimensiones de **L=2 m, A=1.5 m, H=2.20 m**.
- ✓ El agua será tomada de la red del acueducto municipal sobre la **Calle 16 con Carrera 92** en un diámetro de **3/4”** con una longitud aproximada de **64.5 m** desde la conexión hasta el tanque subterráneo. Se estima un tiempo de llenado del tanque de agua potable de 2.4 h. Se debe asegurar una presión de **13.72 m.c.a** en el punto de conexión. **Ver Planos y Anexos.**
- ✓ Se debe efectuar un mantenimiento al tanque, para evitar la generación de contaminantes dentro del agua estancada.

EQUIPOS DE BOMBEO

- ✓ El sistema de bombeo se encuentra compuesto por una bomba tipo centrífuga de potencia **5 HP** dispuesta para trabajar con un caudal de **72 GPM** acompañada de un tanque “pulmón” de capacidad de **300 L**.

REDES HIDRÁULICAS

- ✓ Para efecto de determinación de las presiones a la salida de cada aparato hidrosanitario se partió de la presión mínima requerida, en el aparato más desfavorable según norma NTC 1500 – 2023.
- ✓ La red de distribución está conformada por tramos en tubería **PVC RDE13.5 y RDE21**, con diámetros que varían desde **2”**, a **1/2”**, y con accesorios como codos a 90°, Tees, válvulas de control, etc. **Ver Planos y Anexos.**
- ✓ Las pérdidas de energía generadas por los diferentes tipos de accesorios han sido expresadas como longitudes equivalentes de tubería en metros lineales y para evaluar

la pérdida de carga total se ha usado la ecuación de flamant y la ecuación de Hazen Williams.

- ✓ Para el cálculo de los diámetros se usó el método de hunter modificado para Colombia. La determinación del caudal se efectuó con base en los consumos determinados por la norma de acuerdo al número de unidades acumuladas.

REDES SANITARIAS

- ✓ Se propone el diseño de la red sanitaria de la edificación, compuesto por un sistema de tuberías en PVC y cajas en concreto de 0.80 m x 0.80 m.
- ✓ Para el cálculo de los diámetros se usó el método de hunter modificado para Colombia. La determinación del caudal se efectuó con base en los consumos determinados por la norma de acuerdo al número de unidades acumuladas.
- ✓ Se proyecta una pendiente del **2%** para todas las instalaciones internas. **Ver Planos y Anexos.**
- ✓ Se ha proyectado un sistema de ventilación adecuado para asegurar el buen funcionamiento del sistema de desagües. **Ver Planos y Anexos.**
- ✓ Se cumplieron a cabalidad con los criterios de velocidades y esfuerzos cortantes mínimos para las redes internas y externas.
- ✓ La conexión de las redes sanitarias con el sistema de alcantarillado municipal se proyecta sobre el pozo localizado sobre la **Calle 16**. Se proyecta la construcción de **5** cajas de inspección.

REDES AGUAS LLUVIAS

- ✓ El sistema de aguas lluvias, comprende la recolección y evacuación de aguas lluvias que se precipitan sobre las cubiertas de la edificación hacia el punto de descarga definido sobre el canal existente en el costado Sur de la construcción. Se encuentra compuesto por un sistema de canaletas, vigas canales, bajantes y un sistema de redes y cajas de inspección hacia el punto de descarga definido.
- ✓ Los caudales de diseño fueron obtenidos por medio del método racional.
- ✓ Las tuberías de drenaje horizontal han sido proyectadas con una pendiente del **0.25%** en la zona de las cubiertas y de **0.5%** en la zona de descarga. **Ver Planos y Anexos**
- ✓ Se proyectan canaletas de aguas lluvias para dos de las cubiertas de dimensiones **0.30 x 0.20 m.** y bajantes de diámetro **4"**. **Ver Planos y Anexos.**
- ✓ Se proyecta la construcción de **6** cajas de inspección. **Ver Planos y Anexos**
- ✓ Se cumplieron a cabalidad con los criterios estipulados por la Resolución N° 0330 de junio de 2017, tales como: Profundidades a la cota clave, velocidades mínimas y máximas, diámetros mínimos y la relación máxima entre profundidad hidráulica y diámetro H/D.

Jorge Adolfo Díaz Sarmiento

Ingeniero civil, Universidad Nacional.
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental.
Especialista en Gerencia de Proyectos.
Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental
MSc en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, (1994). Hidrología Aplicada. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- ✓ Ven Te Chow, (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- ✓ Ricardo Alfredo López Cualla, I (1995). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- ✓ Rodrigo Vargas M, Mario Diaz Granados, (1998). CURVAS SINTÉTICAS REGIONALIZADAS E INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA PARA COLOMBIA. Universidad de los Andes, Santa Fe de Bogotá D.C.
- ✓ Víctor Miguel Ponce, (1999). [En línea]. Disponible en: <http://ponce.sdsu.edu/>.
- ✓ ICONTEC, (2023). Código Colombiano de Fontanería NTC 1500.
- ✓ Héctor Alfonso Rodríguez Diaz, I (2005). DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS Y DE GAS EN EDIFICACIONES. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- ✓ Rafael Pérez Carmona, VI (2010). Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. ECOEDICIONES, Bogotá D.C, Colombia.
- ✓ Héctor Alfonso Rodríguez Diaz, I (2013). DRENAJE URBANO ELEMENTOS DE DISEÑO Drenaje urbano no convencional. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- ✓ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, (2017). RESOLUCIÓN NUMERO 0330 DE 2017.
- ✓ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Estación 35010060 “EL TORO”.
- ✓ PAVCO.

10. ANEXOS

- ✓ ANEXO 1 – TABLAS SISTEMA DE ACUEDUCTO.
- ✓ ANEXO 2 – TABLAS SISTEMA DE ALCANTARILLADO.
- ✓ ANEXO 3 – TABLAS SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.
- ✓ ANEXO 4 – PLANOS.
- ✓ ANEXO 5 – CANTIDADES.