

MEMORIAS DE CÁLCULOS

**REDES HIDRAULICAS Y SANITARIAS
MUNICIPIO DE SIPI – CHOCO**

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE IMÁGENES	5
1. ALCANCE	6
2. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA.....	6
3. DISEÑO REDES HIDRAULICAS.....	7
3.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA	7
3.2 ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE CONSUMO	8
3.3 MÉTODO DE CÁLCULO	8
3.3.1 VELOCIDAD	14
3.3.2 PRESIONES DE SERVICIO.....	14
3.4 CALCULO DE LA RED HIDRÁULICA	15
3.4.1 MEDIDOR	15
3.4.2 CALCULO RED HIDRÁULICA	15
4. DISEÑO REDES DE DESAGÜE.....	22
4.1 RED SANITARIA.....	22
4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	22
4.1.2 ESTIMACIÓN DE LAS DESCARGAS	22
4.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE BAJANTES.....	22
4.1.4 MÉTODO DE CÁLCULO.....	23
4.1.4.1 DISEÑO DE BAJANTES.....	23
4.1.4.2 DISEÑO DE COLECTORES SANITARIOS	25
4.1.4.3 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	26
4.1.4.4 CALCULO DE COLECTORES SANITARIOS	26
4.2 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO IN SITU	30
4.2.1 TANQUE SÉPTICO.....	30
4.2.1.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO	31
4.2.1.2 DIMENSIONES DEL TANQUE SÉPTICO.....	31
4.2.1.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	33
4.2.2 POZO DE ABSORCIÓN.....	34
4.2.3 CALCULO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	35
4.2.3.1 TANQUE SÉPTICO.....	35
4.2.3.2 POZO DE ABSORCIÓN.....	36
4.3 RED PLUVIAL.....	37
4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	37
4.3.2 DISEÑO BAJANTES.....	37
4.3.2.1 MÉTODO RACIONAL	37
4.3.2.1.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA – C	38
4.3.2.1.2 INTENSIDAD – I.....	39
4.3.2.1.2.1 CÁLCULO DE CURVAS IDF POR MÉTODO SIMPLIFICADO	39
4.3.3 INFORMACIÓN IDEAM	40
4.3.4 CALCULO DE BAJANTES.....	44
5. DISEÑO RED CONTRA INCENDIOS	50

5.1	CLASIFICACIÓN SEGÚN OCUPACIÓN	50
5.2	SISTEMAS Y EQUIPOS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIO	51
5.3	DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	53
5.3.1	ANÁLISIS DEL RIESGO	53
5.3.2	MÉTODO DE EXTINCIÓN A UTILIZAR	53
5.3.3	SELECCIÓN DEL SISTEMA A UTILIZAR	53
5.3.4	DISEÑO POR EL MÉTODO HIDRÁULICO	54
5.3.4.1	GABINETES.....	54
5.3.4.2	CÁLCULO DE PRESIÓN Y CAUDAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO	56
5.3.4.3	CALCULO SISTEMA DE PRESIÓN RED CONTRA INCENDIO	58
5.3.4.4	VOLUMEN DEL TANQUE	58
5.3.4.5	SISTEMA DE BOMBEO	59
5.3.4.5.1	CAPACIDAD DE LA BOMBA	59
5.3.4.5.2	CALCULO EQUIPO DE BOMBEO.....	59
5.3.5	EXTINTORES DE FUEGO PORTÁTILES	61
5.3.5.1	CLASIFICACIÓN, CATEGORIZACIÓN Y DESEMPEÑO DE EXTINTORES DE INCENDIO	62
5.3.5.2	CLASIFICACIÓN DE RIESGOS.....	62
5.3.5.3	SELECCIÓN DE EXTINTORES POR RIESGOS	65
5.3.5.4	DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES	66
5.3.5.4.1	TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES DE INCENDIO PARA RIESGOS CLASE A	67
5.3.5.4.2	TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES PARA INCENDIOS CLASE B DIFERENTES DE INCENDIOS EN LÍQUIDOS INFLAMABLES DE APRECIABLE PROFUNDIDAD	68
5.3.5.4.3	TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES PARA INCENDIOS CLASE B EN LÍQUIDOS INFLAMABLES DE APRECIABLE PROFUNDIDAD	69
5.3.5.4.4	TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES PARA RIESGOS CLASE C.....	70
5.3.5.4.5	TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE EXTINTORES PARA RIESGOS CLASE D	70
5.3.5.5	CALCULO DE CANTIDAD DE EXTINTORES REQUERIDOS.....	70

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. UNIDADES DE CONSUMO POR APARATOS SANITARIOS	9
TABLA 2. COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD	12
TABLA 3. CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CAPACIDAD REQUERIDA EN LA TUBERÍA DE SALIDA PARA.....	15
TABLA 4. CÁLCULO RED HIDRÁULICA RUTA CRÍTICA.....	17
TABLA 5. UNIDADES DE CONSUMO POR APARATOS SANITARIOS	22
TABLA 6. CARGA MÁXIMA DE UNIDADES Y LONGITUD MÁXIMA DE TUBOS DE DESAGÜE- NTC1500.....	25
TABLA 7. CÁLCULO DE COLECTOR SANITARIOS	28
TABLA 8. CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PERSONA	32
TABLA 9. TIEMPOS DE RETENCIÓN.....	32
TABLA 10. VALORES DE TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS DIGERIDOS	32
TABLA 11. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL SUELO.....	34
TABLA 12. TIPOS Y DIMENSIONES POZOS DE ABSORCIÓN	34
TABLA 13. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES.....	38
TABLA 14. VALORES DE LOS COEFICIENTES A, B, C Y D PARA EL CÁLCULO DE LAS CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF,	40
TABLA 15. INFORMACIÓN ESTACIÓN Sipi-Choco	41
TABLA 16. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS ESTACIÓN SIPI - IDEAM	42
TABLA 17. CURVAS IDF ESTACIÓN SIPI CHOCO	43
TABLA 18. TABLA PROYECCIÓN HORIZONTAL EN M ² DE ÁREA SERVIDA.....	44
TABLA 19. CÁLCULO DE BAJANTES SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS	45
TABLA 20. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO NFPA 13 2016	53
TABLA 21. REQUISITOS PARA LA ASIGNACIÓN DE CHORROS DE MANGUERAS Y DE DURACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA SISTEMAS CALCULADOS HIDRÁULICAMENTE. NFPA13-2016	55
TABLA 22. VALORES C DE HAZEN-WILLIAMS. NFPA 13-2016	56
TABLA 23. VALORES LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERÍA CD 40 DE ACCESORIOS Y VÁLVULAS TOMADOS DE LA NFPA 13- 2016	57
TABLA 24. CAPACIDADES DE BOMBAS	59
TABLA 25	67
TABLA 26	69
TABLA 27. ÁREA MÁXIMA A SER PROTEGIDA POR UN EXTINTOR, PIES CUADRADOS.....	71

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1. RUTA CRÍTICA DE LA RED HIDRÁULICA	16
IMAGEN 2. DEFINICIÓN DE COLECTORES SANITARIOS.....	27
IMAGEN 3. REGIONES EN COLOMBIA PARA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS A, B, C Y D	40
IMAGEN 4. CURVAS IDF SIPI CHOCO	43
IMAGEN 5. ÁREA DE DRENAJE POR BAJANTE PROYECTADA.....	45
IMAGEN 6. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PLANTA.....	58

1. ALCANCE

Comprende el diseño de las instalaciones hidráulicas, evacuación de aguas sanitarias y lluvias para el proyecto IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y SUS SUBPRODUCTOS PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS DE LA CANASTA FAMILIAR EN LAS COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SIPÍ, CHOCÓ.

Anexo a este informe se presentan los planos de diseño y detalle, las hojas de cálculo, las especificaciones técnicas de construcción y las cantidades de obra.

2. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

- Norma Técnica Colombiana NTC 1500: Código Colombiano de Fontanería. En esta norma se establecen los requisitos básicos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de agua potable, aguas residuales y aguas lluvias. Dentro de los requisitos se incluyen lo relacionado con la protección de la salud, seguridad y bienestar de los usuarios de los servicios.
- Resolución 0330 de 2017 *“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”*. En la cual se establecen los parámetros de diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto, potabilización, recolección y evacuación de aguas residuales, domésticas y pluviales, tratamiento de aguas residuales, aseo urbano y demás aspectos comentarios relacionados con el sector de agua potable y saneamiento básico.
- NSR-10-título J: Toda edificación deberá cumplir con los requisitos mínimos de protección contra incendios establecidos en el presente capítulo, correspondientes al uso de la edificación y su grupo de ocupación; para efectos de la aplicación de los requisitos, se establecen en este título se hace necesaria la clasificación de las edificaciones por grupos de ocupación. Según esto se utiliza la clasificación que se presenta en el numeral K.2.1.2 del presente reglamento.
- NSR-10-título K: La norma sismorresistente en este capítulo, tiene como propósito definir parámetros y especificaciones complementarias arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las distintas edificaciones cubiertas por el alcance del presente reglamento.
- NFPA-13: La norma NFPA 13, “Standard for the Installation of Sprinkler Systems”, establece una clasificación de riesgos para los diferentes tipos de ocupaciones, que está

relacionada únicamente con el diseño, instalación y requerimientos de suministro de agua para los sistemas de rociadores. Dicha clasificación no pretende ser una clasificación general de riesgos e, incluso, no coincide con otras definidas en otras normas y códigos de la NFPA; la clasificación de riesgo de ocupación provee un medio conveniente de categorización de las cargas de combustible y la severidad del fuego asociado con ciertas operaciones en la edificación; son presentadas como descripciones cualitativas, en vez de medidas cuantificables.

- NFPA-14: El propósito de esta norma es proveer un razonable grado de protección para la vida y propiedad del fuego a través de la instalación de requisitos para sistemas de tuberías verticales y mangueras basados en sanos principios de ingeniería, información de prueba y experiencia de campo; nada en esta norma intenta restringir nuevas tecnologías o disposiciones alternas, siempre que el nivel de seguridad prescrito por la norma no sea reducido.

- NFPA 20: El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios a la vida y la propiedad a través de requerimientos de instalación para bombas estacionarias para la protección contra incendio basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo; ningún elemento de la presente norma intenta evitar el uso de sistemas, métodos o dispositivos de calidad, potencia, resistencia al fuego, efectividad, durabilidad y seguridad equivalentes o superiores por sobre los que se señalan en la presente norma.

3. DISEÑO REDES HIDRAULICAS

3.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA

Las redes y demás elementos del sistema se diseñan de manera que aseguren los caudales necesarios para los diferentes aparatos y mantengan las presiones requeridas. Se satisface la demanda de acuerdo con las normas aplicables y los posibles tipos de consumo para la edificación.

El sistema de distribución de agua potable para este proyecto es abastecido por la red de acueducto municipal, donde se suministra a los aparatos sanitarios de la planta en condiciones de cantidad y presión requerida.

La red de distribución proyectada está conformada por tramos en tubería PVC presión RDE 21, con diámetros que varían desde 1/2" a 3/4", y con accesorios como codos a 90°, semicodos, Tees, válvulas de control, etc.

Los aparatos utilizados para este diseño son de llave y sanitarios de tanque.

3.2 ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE CONSUMO

Los consumos a nivel de prediseño vienen estimados por los parámetros exigidos en el Código Colombiano de Fontanería NTC 1500, los cuales se muestran a continuación:

Aparatos	Ocupación	Tipo de Control del Suministro	Unidades de Consumo
Ducha	Público	Llave	2
Inodoro	Público	Tanque	3
Lavamanos	Público	Llave	2

Tabla 1. Unidades de Consumo por Aparatos Sanitarios¹

La unidad de consumo promedio varía entre 0.06l/s y 0.07l/s².

3.3 MÉTODO DE CÁLCULO³

El método utilizado para evaluar el caudal máximo probable es el de probabilidades usado por Roy B. Hunter, presentado en 1932 a la Oficina Nacional de Normas de los Estados Unidos (The National Bureau of Standards) y que ha sido aceptado por todos los códigos. A continuación, se describe su procedimiento.

El método se basa en el concepto de que únicamente unos pocos aparatos, de todos los que están conectados al sistema, entrarán en operación simultánea en un instante dado. El efecto de cada aparato que forma parte de un grupo numeroso de elementos similares y depende de:

- Caudal del aparato, o sea la rata de flujo que deja pasar el servicio (q)
- Frecuencia de uso: Tiempo entre usos sucesivos (T)
- Duración de uso: Tiempo que el agua dura fluyendo para atender la demanda del aparato (t)

Hunter asumió inicialmente que la operación de aparatos era aleatoria; aunque esto no es totalmente cierto, es una buena base y permite tener tolerancias cuando el problema no se comporta como tal. Hunter, además, determinó la frecuencia de uso de todos los aparatos basado en datos tomados en edificaciones; el método es aplicable a grupos grandes de elementos, ya que la carga de diseño es tal que tiene cierta probabilidad de no ser excedida (aunque lo puede ser en pocas ocasiones).

Para un sistema con pocos aparatos, que se diseñe según la teoría de probabilidades, la carga adicional que se crea por un elemento más recargaría el sistema al punto de causar

¹ Tabla B.1.3.3(2). Valores de carga asignados a los aparatos NTC1500

² PÉREZ CARMONA RAFAEL "Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Gas en Edificaciones", GRANADOS ROBAYO JORGE ARMANDO "Redes Hidráulicas y Sanitarias en Edificios" Universidad Nacional de Colombia

³ GRANADOS ROBAYO JORGE ARMANDO "Redes Hidráulicas y Sanitarias en Edificios" Universidad Nacional de Colombia.

inconvenientes tanto al sistema de suministro como al sistema de drenaje; cuando se tienen bastantes aparatos, la sobrecarga no interfiere.

En edificaciones como hoteles y apartamentos los elementos están sujetos a congestión a ciertas horas del día; el problema es determinar la carga de diseño para un funcionamiento satisfactorio. Según Hunter, se tiene un funcionamiento satisfactorio cuando las tuberías están proporcionadas para suministrar la carga de demanda para el número m del total de n aparatos del edificio, de tal forma que no más de m serán encontrados en uso simultáneo por más del 1 % del tiempo.

El valor del 1 % fue escogido por Hunter arbitrariamente y sigue utilizándose desde 1940 con mucho éxito, pero es posible que con el 2% todavía se logren diseños adecuados. Solamente tomando datos locales de caudales de consumo y evacuación se puede conjeturar al respecto. La probabilidad que se encuentren $m+1$ aparatos funcionando simultáneamente es remota; para $m+2$ la posibilidad es más remota y así sucesivamente.

Por esto, se aplica la teoría de probabilidades para la estimación de los caudales máximos probables en las edificaciones. Se supone un sistema simple con aparatos de una sola clase, por ejemplo, baños con un solo tipo de válvula en operación con n elementos presentes en el sistema; las variables de estudio son:

T = duración en segundos entre los usos sucesivos de cada elemento individual.

t = duración en segundos de la demanda de un solo elemento, o sea tiempo de funcionamiento del aparato.

p = probabilidad de que un elemento particular sea encontrado funcionando en un instante arbitrario de observación del sistema.

$p = t/T$, o sea que la probabilidad de que no esté funcionando es $1 - p = 1 - t/T$

Nótese que los $n-1$ aparatos restantes no tienen nada que ver con las expresiones anteriores. La probabilidad de encontrar 2 elementos funcionando es p^2 , por la ley de los eventos compuestos; tampoco se han tenido en cuenta los $n-2$ restantes. Si se tiene $t = 9$ segundos y $T = 5$ minutos, $p = 9/300 = 0,03$ y $p^2 = 0,0009$ (aproximadamente 1 por mil). Para 3 elementos la probabilidad es p^3 ; para n es $0,03^n$.

Para calcular la probabilidad de que 2 elementos particulares sean encontrados funcionando y los $n-2$ restantes sean encontrados no funcionando, se procede de la siguiente manera:

Probabilidad de encontrar el primer elemento funcionando: p

Probabilidad de encontrar el segundo elemento funcionando: p

Probabilidad de encontrar el tercer elemento no funcionando: $1-p$

Probabilidad de encontrar el cuarto elemento no funcionando: $1-p$

Probabilidad de encontrar el enésimo elemento no funcionando: $1-p$

La probabilidad de que se sucedan todos los fenómenos anteriores al tiempo es producto de las probabilidades particulares.

$$P = (1 - p)^{n-2} p^2;$$

$$\text{Si } n=5, P = (1-0,03)^3 * 0,03^2 = 0,00082$$

En el caso más general, que cualesquiera 2 de los n aparatos, pero ninguno de los n-2 restantes funcionen simultáneamente en un instante arbitrario, resulta una combinación de n elementos de 2 en 2. Para un número r de aparatos que funcionen simultáneamente, la combinación es n elementos de r en r.

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r! (n-r)!}; \text{ para el ejemplo } \binom{5}{2} = \frac{5!}{2! * 3!} = 10$$

Se aumentan las posibilidades 10 veces pues ya los 2 elementos no son particulares sino una pareja cualquiera (por ejemplo, 105 con 401 o con 202, etc.).

$$P = \sum_{r=0}^n \binom{n}{r} (1-p)^{n-r} p^r; \sum_{r=0}^n P = 1$$

La condición de que no más de m de los n aparatos sean encontrados funcionando simultáneamente por más del 1 % del tiempo, se puede expresar así:

$$P_0^n + P_1^n + P_2^n + \dots + P_m^n - 1 + P_n^n = 0,99$$

P es la probabilidad de no encontrar ningún aparato funcionando. Los términos faltantes de la serie son:

$$P_0^n + 1 + P_1^n + 2 + \dots + P_m^n - 1 + P_n^n \leq 0,01$$

escrito de otra forma

$$P \sum_{r=m+1}^n \binom{n}{r} (1-p)^{n-r} p^r \leq 0,01$$

que corresponde a la forma dada en las tablas de distribución binominal de probabilidades, excepto que la expresión (f - p) reemplaza al término q de las tablas.

En base a estas consideraciones, el método de diseño que algunos de los aparatos conectados en un sistema funcionan al mismo tiempo. Una vez establecido el caudal probable en la tubería de suministro, se debe hacer mención del coeficiente de simultaneidad. Por ello, dependiendo del número de salidas en funcionamiento, y del uso de la edificación, aparecerá un coeficiente, cuyo valor máximo será de uno (1), y mínimo de 0,20. La norma francesa indica el coeficiente de simultaneidad K_1 como:

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{S-1}}$$

donde S es el número de salidas.

Esta expresión es cuestionable, si se tiene en cuenta que no todas las salidas suministran el mismo caudal. En la siguiente tabla se hace la corrección por caudales:

S	K ₁	S	K ₁	S	K ₁
1	1.00	9	0.35	17	0.25
2	1.00	10	0.33	18	0.24
3	0.71	11	0.32	19	0.24
4	0.58	12	0.30	20	0.23
5	0.50	13	0.29	21	0.22
6	0.45	14	0.28	22	0.22
7	0.40	15	0.27	23	0.21
8	0.38	16	0.26	24	0.21

Tabla 2. Coeficientes de Simultaneidad

La aplicación de este método se muestra en el siguiente ejemplo:

Para conocer la presión requerida para un segundo piso de altura de tres (3) m, teniendo en cuenta que en él se dispone un baño con los siguientes aparatos:

Aparato	Unidades	Salidas
2 sanitarios	10	2
2 lavamanos	8	2
Total	18	4

Por tanto, para cuatro (4) salidas el coeficiente de simultaneidad es de $K_1=0,58$, y el caudal de diseño sería:

$$Q=18*0.58=10,44 \text{ unidades} = 0,54 \text{ l/s.}$$

Con este caudal de diseño se trabajan las pérdidas por fricción y pérdidas por accesorios.

Las pérdidas por fricción se pueden calcular por varias ecuaciones, pero debido a que el cálculo de caudales se realiza con rangos de diámetros pequeños, la más utilizada es la ecuación de Flamant:

$$j = \frac{4C V^{1.75}}{D^{1.25}} \quad j = \frac{6.1CQ^{1.75}}{D^{4.25}}$$

donde:

- j: Pérdida de carga (m/m)
C: Coeficiente de fricción de Flamant (-)
V: Velocidad de flujo (m/s)
D: Diámetro (m)
Q: Caudal (m³/s)

Las pérdidas de presión en los accesorios se calculan como un porcentaje de la cabeza de velocidad del flujo. Esto se obtiene con base en los coeficientes de pérdidas menores de cada accesorio, los cuales son suministrados por los fabricantes. La ecuación que rige las pérdidas por accesorios es la siguiente:

$$h_m = k \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- h_m : Pérdida de carga (m)
 k_m : Coeficiente de pérdidas menores (-)
V: Velocidad de flujo (m/s)

Para el caso del ejemplo anterior tomando longitudes de tubería y accesorios típicos, el cálculo de pérdidas de presión sería el siguiente:

Utilizando una tubería de diámetro de $\frac{3}{4}$ " la velocidad de flujo es:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.45e-3}{\pi * (0.025 * 3 / 4)^2 / 4} = 1.58 \text{ m/s}$$

La cabeza de velocidad queda $v^2/2g = 0.26$ m. El cuadro de accesorios es:

Aparato	L_e (m)	Cantidad	L_e Tot(m)
Tee $\frac{3}{4}$ " PVC	0.28	2	0,56
Codo r.m. $\frac{3}{4}$ " PVC	0.39	4	1,56

Válvula de compuerta abierta ¾" Cu	0.10	1	0,10
		Total	2,22

Por lo cual las pérdidas por accesorios son 2.22 m

Para una longitud de tubería de 2.5 m se tienen unas pérdidas por fricción:

$$j = \frac{6.1CQ^{1.75}}{D^{4.25}} = \frac{6.1 * 0.0001 * 0.00045^{1.75}}{0.01905^{4.25}} = 0.01733 \text{ m / m}$$

Las pérdidas por fricción quedan

$$h_f = 0.01733 * 2.5 = 0,043 \text{ m.c.a}$$

La presión total requerida a la entrada de la red es igual a las pérdidas por fricción, más las pérdidas por accesorios, más la presión estática a vencer necesaria para que el flujo ascienda el tramo vertical. Para el caso del ejemplo, la presión total es:

$$H_T = 9,26 \text{ m.c.a.}$$

Esta es la presión mínima necesaria a la entrada a esta parte de la red, teniendo como aparato crítico el sanitario (2,0 m.c.a. extras).

3.3.1 Velocidad

La velocidad máxima de diseño debe ser de 2 m/s para tuberías de diámetro inferior a 76.2 mm y para diámetros de 76.2 mm o mayores, la velocidad máxima debe ser de 2.5m/s.

3.3.2 Presiones de Servicio

Las presiones de servicio de los aparatos sanitarios se basaron en la Tabla 7.4.3. Criterios de diseño del sistema de distribución de agua, capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro del aparato, de la NTC1500.

Lavavajillas doméstico	10 (2.75)	55 (8)
Bebedero	3 (0.75)	55 (8)
Lavadero	15 (4)	55 (8)
Lavamanos	8 (2)	55 (8)
Ducha	11 (3)	55 (8)
Ducha, con válvula de mezclado de presión balanceada, termostática, o combinada de presión balanceada/termostática	11 (3)	138 (20)
Grifería de manguera	19 (5)	55 (8)
Poceta residencial	9 (2.5)	55 (8)
Poceta servicio	11 (3)	55 (8)
Orinal de válvula	45 (12)	172 (25)
Inodoro de desboque o arrastre con válvula fluxómetro	95 (25)	310 (45)
Inodoro, tanque fluxómetro	6 (1.6)	138 (20)
Inodoro, sifónico, válvula de fluxómetro	95 (25)	241 (35)
Inodoro, tanque cierre acoplado	11 (3)	138 (20)
Inodoro, tanque una pieza	23 (6)	138 (20)

Factores de conversión: 1 kPa = 0,14 psi

1 L/min = 0,26 galón por minuto.

* Para requisitos adicionales de caudales y presión, véase el numeral 7.4.4.

Tabla 3. Criterios de diseño del sistema de distribución de agua Capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro al aparato⁴

3.4 Cálculo de la Red Hidráulica

3.4.1 Volumen de Almacenamiento Red Hidráulica

El volumen de almacenamiento de la red hidráulica corresponde al necesario para atender la demanda para 7 días, el cálculo el volumen se determina a partir del consumo de un empleado de la planta teniendo en cuenta lo establecido en la NTC 1500, para esta población dotación se establece en 80L/hab.*día, el volumen de almacenamiento será:

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO RED HIDRAULICA		
Dotación	80	L/trab* día
Total de Poblacion	10	hab
Volumen Almacenamiento para 7 días	5.6	m3

Se propone un tanque que almacene los volúmenes de agua tanto para la red hidráulica como para la red contra incendio, se debe definir los niveles en el tanque de acuerdo a la profundidad de la succión para los equipos de bombeo.

3.4.2 Calculo Red Hidráulica

La red de distribución del proyecto se abastecerá de la red municipal de acuerdo con lo definido en la NTC 1500.

⁴ Tabla 7.4.3 Criterios de diseño del sistema de distribución de agua Capacidad requerida en la tubería de salida para el
+ suministro al aparato NTC 1500

El análisis del aparato crítico se realiza para la ducha proyectada en la batería sanitaria ya que dicho elemento es el más alejado del sistema de presión y requiere una energía de presión para su operación de 8 m.c.a.

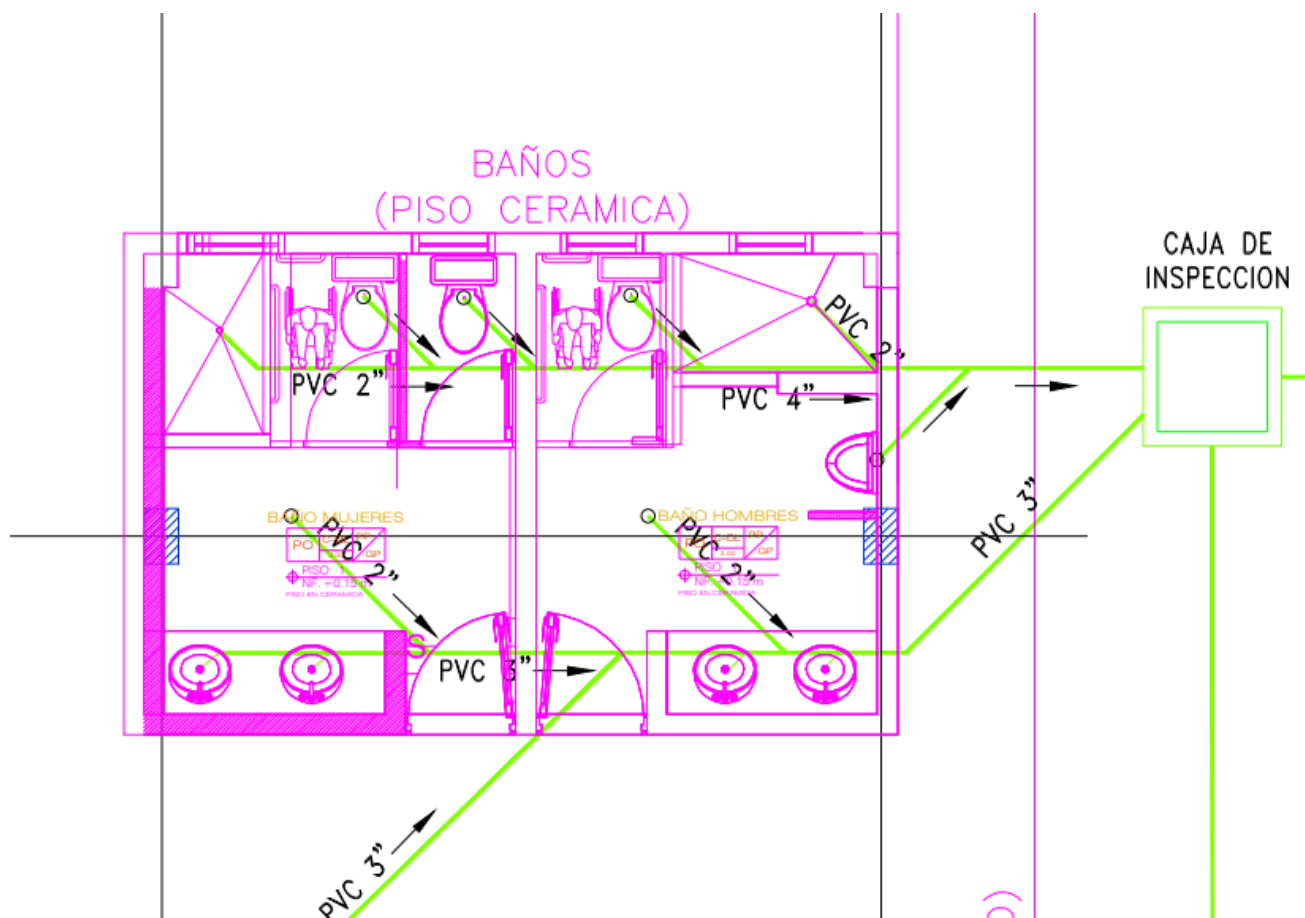


Imagen 1. Ruta Crítica de la Red Hidráulica

CALCULO INSTALACIÓN
HIDRAULICA

CLASEDETUBERÍA: PVC RDE21

PUNTOOTRAMO	UNIDADES REALES	COEF. DE SIMULTANEIDAD	UNIDADESDE DISEÑO	Q LPS	V m/s	hv m.c.a.	COEFDE FRICCION	J m/m	Ø Pulg	LONGITUDETUBERIAEN mt				J TOTAL	PRESIÓN FINAL (m.c.a.)
										HORIZONTAL	VERTICAL	ACCESORIOS	TOTAL		
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00
1-2	2	1	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.098	1/2"	0.62	0.2	1.46	2.28	0.223	8.47
2-3	7	1	7	0.38	1.33	0.09	0.0001	0.093	3/4"	3.95	0	1.98	5.93	0.551	9.11

Tabla 4. Cálculo Red Hidráulica Ruta Critica

3.4.3 Calculo Equipo de Bombeo

CALCULO SISTEMA DE BOMBEO

CALCULO DE LA SUCCIÓN

Longitud Horizontal	1.00 m	Vertical
Estatica	1.00 m	Diametro
2.50 pulg Accesorios		
Total Accesorios	22.45 m	

Altura Dinamica de Succion

Longitud Equivalente	24.45 m	Caudal
0.38 LPS Velocidad	0.12	
m/s Carga de Velocidad (hv)	0.00 m/s	
Perdida Unitaria en Hierro Fundido Nuevo	0.03 m/m	
Perdida Total	0.70 m	Altura
Dinamica de Succion	1.70 m	

Altura de Succión Positiva

K*	8.68 m A.D.S.
1.70 m N.P.S.H.	6.98
m	

Altura Maxima de Succion

a. Perdida por altura sobre el nivel del mar **	1.44 m
b. Perdida por temperatura*	0.27
c. Perdidas por Presiones Barometricas	0.36 m
d. Por vacio imperfecto de la bomba	2.40 m
e. Perdidas por fricción y accesorios	0.70 m
f. Perdidas por cabeza de velocidad	0.00 m
A.M.S.	5.16 m

Altura Dinamica Total

Impulsión	9.32 m
Succión	1.70 m
Altura Dinamica Total	12.00 m

Potencia

P (eficiencia del 65%)	0.09 Hp
Potencia de Diseño	0.50 Hp

* Temperatura media del municipio de 22°C

** Elevación de la cabecera municipal de Buenos Aires 1200m.s.n.m.

CALCULO SISTEMA DE PRESIÓN

Elemento	Salidas	No. de Elementos	Total Salidas
Sanitario	1	4	4
Lavamanos	1	4	4
Ducha	1	2	2
Total Salidas			10

Total Salidas	10
Factor Multiplicador	0.4

Caudal	2 gal/min
Aproximando	2 gal/min
	8.00 lt/min

Rango de Presión	40-60 PSI
------------------	-----------

Hipotesis

Qon (40PSI)	2 gal/min
Qoff (60PSI)	0.5 gal/min

Tiempo Recomendado

1.0 - 2.0 Hp	1.2 min
Número de Ciclos por Hora	50

Caudal Medio

Qmed	1.3 gal/min
------	-------------

Volumen de Regulación

VR	0.4 gal
VR	1.42 litros

Volumen del Tanque

F	3.74 gal
VT	5.30 litros
Aprox	6.00 litros

Volumen de la Bolsa Corregido

PC	4.4 atm
P2	2.7 atm
Vbc	1.89 litros

4. DISEÑO REDES DE DESAGÜE

4.1 RED SANITARIA

4.1.1 Descripción del Sistema

El sistema de drenaje de aguas servidas para el proyecto consiste en un sistema compuesto por cajas de inspección, este sistema se adoptó debido a la alta probabilidad de presentarse taponamientos utilizando un sistema tipo espina de pescado.

4.1.2 Estimación de las Descargas

Las unidades de descarga a nivel de prediseño vienen estimadas por los parámetros exigidos en el Código Colombiano de Fontanería NTC 1500, los cuales se muestran a continuación:

Aparatos	Ocupación	Tipo de Control del Suministro	Unidades de Consumo
Inodoro	Público	Tanque	3
Lavamanos	Público	Llave	2
Lavaplatos	Público	Llave	3

Tabla 5. Unidades de Consumo por Aparatos Sanitarios

4.1.3 Dimensionamiento de Bajantes

El flujo máximo permisible en bajantes se calcula con la fórmula explicada anteriormente, tomando $r = 7/24$:

$$Q = 1.754r^{\frac{5}{3}}d^{\frac{3}{8}}$$

Es importante anotar que hay restricción para el caudal permitido por entrega de ramales horizontales cuando la bajante tiene más de tres pisos; la razón es que, si un caudal muy grande es entregado a la tubería vertical, ésta se llenará y causará fluctuaciones de presión a través de la columna y del ramal horizontal. Un intervalo vertical es un tramo de una bajante de por lo menos 2,40 m de longitud entre un par de ramales horizontales y dentro del cual puede haber una o más conexiones de ramales horizontales.

El procedimiento para el dimensionamiento de bajantes es el siguiente: el primer paso consiste en determinar los diámetros de los ramales horizontales conectados a la bajante, con ayuda de la ecuación de Manning y la teoría de Hunter; luego, el diámetro de la bajante viene dado por el total de unidades que recibe, teniendo en cuenta el número de pisos.

Después, se debe verificar si algún ramal horizontal separado de ramales aledaños, más de 2,40 m, supera el valor máximo. Si esto sucede, se debe aumentar el diámetro de la bajante hasta que cumpla con este requisito. La bajante se diseña para el total de unidades que llegan a su base y el diámetro se mantiene constante hasta la cubierta.

Cuando se produce un cambio de 45° o menos con respecto a la vertical, la bajante puede mantener su diámetro; si el cambio es mayor de 45° el tramo inclinado se diseña como una alcantarilla (drenaje horizontal) con la condición de que fluya a un máximo del 75% de su diámetro nominal, con el fin de dejar una cámara de aire en la parte superior que impida la fluctuación de presiones en el sistema.

En edificios de altura considerable se puede hacer un cambio de dirección mayor de 45° , con el fin de disminuir el diámetro de la bajante en la zona superior. El procedimiento es como sigue:

- La porción de la bajante por encima del cambio se diseña con el total de unidades que llegan a ese nivel.
- La parte horizontal del cambio se diseña como un drenaje con profundidad máxima de 75% del diámetro.
- La zona inferior debe estar capacitada para el total de unidades desde el último piso hasta la entrega a colectores principales o a piso firme.

4.1.4 Método de Cálculo

El diseño hidráulico de drenajes sanitarios para el caso particular corresponde al diseño de desagües debido a que la edificación es de un piso por consiguiente no se cuentan con bajantes sanitarias.

4.1.4.1 Diseño de Bajantes

Una bajante es una tubería de drenaje vertical que recibe las aguas de la red de desagües horizontales de un nivel de la edificación y las transporta a un nivel inferior. La conexión entre la red horizontal y la bajante se hace mediante una Te o una Ye. Hidráulicamente funciona mejor la Ye, pero tiene tendencia a producir sifonamientos en los sellos conectados al ramal horizontal.

El comportamiento del flujo en las bajantes se puede describir así:

Para caudales pequeños, el agua baja pegada a la pared interior de la tubería. Con el aumento de caudal, la adherencia continúa hasta un punto donde la fricción con el aire hace formar un pistón de agua que desciende, y luego, cuando el incremento de presión bajo el mismo lo rompe, se forma un anillo alrededor de la tubería con un cilindro de aire en el centro. Este fenómeno aparece cuando el flujo que está aumentando alcanza de un cuarto

a un tercio del área de la sección y se manifiesta con fluctuaciones de presión. Más allá de estos valores se pueden presentar variaciones mayores de $\pm 2,5\text{cm}$ en columna de agua, las cuales pueden romper los sellos.

Este anillo que se forma a corta distancia de la entrega continúa acelerándose hasta que la fuerza de fricción ejercida por las paredes de la tubería iguala la fuerza de gravedad. De este punto hacia abajo, suponiendo que no haya más entregas, la velocidad de la masa prácticamente no cambia. Esta máxima velocidad se denomina velocidad terminal y la distancia en que se produce recibe el nombre de longitud terminal.

Dawson (1937) y Wyly (1952), en los Estados Unidos, derivaron una fórmula para calcular estos parámetros. Haciendo un cambio en el sistema unidades, las ecuaciones quedan:

$$V_t = 2.76 \left(\frac{Q}{d^5} \right)^{\frac{2}{5}} ; \quad L_t = 0.17 V_t$$

Donde:

Vt: Velocidad terminal (m/s)

Lt: Longitud terminal desde el punto de entrega (m)

Q: Caudal (l/s)

d: Diámetro de la bajante (in)

Al aplicar la expresión anterior se puede observar que las velocidades terminales oscilan entre 3.0 y 4,5 m/s y entre 1,5 m y 3,5 m las longitudes correspondientes; con lo que se comprueba que la velocidad en la base de una bajante de 100 pisos es ligeramente mayor que la velocidad en una bajante de tres pisos.

El caudal que puede transportar una bajante es función de la relación del área del anillo de agua pegado a las paredes con el área total de la sección. Según los investigadores norteamericanos Both Dawson y Roy B. Hunter cuando dicha relación está entre 1/4 y 1/3, no se producen fluctuaciones de presión peligrosas para sifonamiento. La capacidad está expresada por:

$$Q = 1.754 r^{\frac{5}{3}} d^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

Q: Caudal (l/s)

r: Relación de áreas del anillo de agua a la sección de la tubería

d: Diámetro de la bajante (in)

Cuando la bajante entrega a una tubería horizontal, la velocidad terminal es superior a la velocidad para flujo uniforme del nuevo colector, produciéndose un descenso brusco de la primera, acompañado con aumento de la profundidad. Esto da lugar al fenómeno conocido como resalto hidráulico en el tramo inicial, a una distancia que varía entre cero y diez diámetros; para minimizarlo se puede aumentar el diámetro del colector horizontal o aumentar su pendiente. Después de producido el resalto, la tubería tiende a fluir llena

arrastrando aire y causando fluctuaciones de presión. Con el fin de evitar interferencias con las entregas en el tramo horizontal, se recomienda conectar un ramal paralelo a una distancia de por lo menos 10 diámetros o, mejor aún, en la nueva columna.

En la tabla 6 se presentan la carga máxima de unidades y longitud máxima de tuberías tanto vertical como horizontalmente para diferentes diámetros.

Diametro del Tubo mm(pulgadas)	38(1 1/2)	51 (2)	64 (2 1/2)	76 (3)	102 (4)	152 (6)	203 (8)	254 (10)	305 (12)
Unidades Máximas									
Tubería de Desagüe									
Vertical	2	16	32	48	256	1380	3600	5600	8400
Horizontal	1	8	14	35	216	720	2640	4680	8200
Longitud Máxima									
Tubería de Desagüe									
Vertical, metros	65	85	148	212	300	510	750		
Horizontal (no									

Tabla 6. Carga máxima de unidades y longitud máxima de tubos de desagüe- NTC1500

Para el proyecto se presentan ramales horizontales con diámetros de 2" y 4" los cuales tienen una carga máxima de descarga de 8 y 216 unidades respectivamente, por lo tanto, teniendo en cuenta que las unidades máximas de descarga totales para el proyecto varían entre 5 a 12 unidades los diámetros propuestos cumplen con las condiciones de diseño.

4.1.4.2 Diseño de Colectores Sanitarios

La tubería de desagüe funciona con flujo a superficie libre, para evitar fluctuaciones de presión que puedan destruir los sellos de agua. Por tanto, su comportamiento es muy parecido al de los sistemas de alcantarillado, aunque a diferencia de estos, se sugiere que la profundidad de flujo no supere la mitad del diámetro. La suposición de diseño es de Flujo Uniforme, por lo que la ecuación que rige el fenómeno es la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)

A: Área mojada de flujo (m²)

n: Coeficiente de Rugosidad de Manning

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de la tubería (m/m)

La ecuación fue desarrollada para ecuaciones de flujo uniforme. Sin embargo, las descargas producen velocidades y capacidades momentáneas mayores que dan un factor de seguridad adicional al sistema.

Debido a que se tiene arrastre de sólidos, se debe asegurar efecto de autolimpieza en la tubería. Por ello, la velocidad mínima de real permitida en el colector sanitario es aquella

que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 Pa. En cuanto a la velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño. (Resolución 0330 de 2017)

El flujo libre y uniforme en los colectores deberá ser estable, para lo cual el número de Froude debe ser menor de 0,90 o mayor de 1,10.

$$Q = \frac{F}{\sqrt{g * D}}$$

Donde:

F : Número de Froude, adimensional.

V : velocidad media del flujo en m/s.

g : Aceleración de la gravedad = 9,81 m /s².

D : Profundidad hidráulica, igual al área del agua, medida normalmente a la dirección del flujo,

dividida por el ancho de la superficie libre tomada en metros.

La relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios, para permitir la aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de este. (Resolución 0330 de 2017)

4.1.4.3 Coeficiente de Rugosidad de Manning

De acuerdo a las características genéricas de forma y material de los conductos, se utilizó un coeficiente de rugosidad de 0.010 para los colectores en PVC.

4.1.4.4 Calculo de Colectores Sanitarios

En la Imagen 2 se muestran los colectores sanitarios definidos para el proyecto, el cual corresponde a la descarga que se realizará a la red pública existente en la zona.

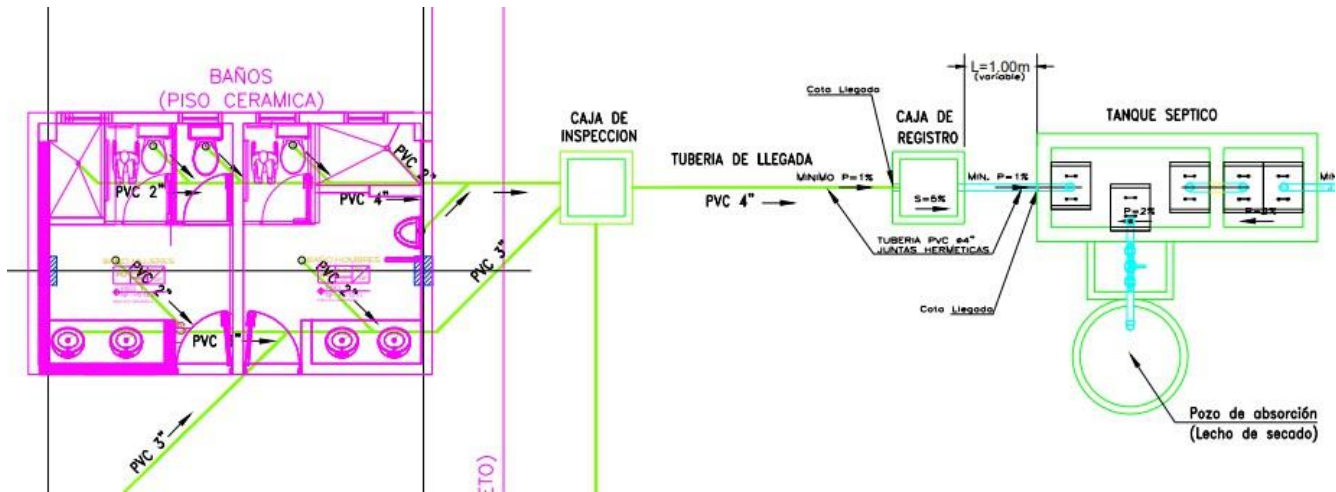


Imagen 2. Definición de Colectores Sanitarios

TRAMO		UNIDADES	CAUDAL DISEÑO lps	DISEÑO			Q LLENO lps	V LLENO m / seg	HIDRAULICA							T. NORMAL Yn m	T. CRITICA Yc m	Nº FROUDE	COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTABATEA		CORTES		CAIDA E/S m	CLASE DE REGIMEN	FUERZA TRACTIVA		
INICIAL	FINAL			LONGITUD m	DIAMETRO pulg	PENDIENTE %			q/Q	v/V	h/D	Yc/D	Rh/D	Rh	V.REAL				ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m			ORIGEN m	FINAL m	h/D
1	T.S.	10	1.69	8.97	4	1.00%	7.01	0.86	0.241	0.69	0.39	0.29	0.21	0.02	0.60	0.04	0.0292	1.12	0.00	-0.30	-0.50	-0.59	-0.60	-0.69	0.60	0.39	0.05	SUPERCRITICO	0.39	0.02	2.10

Tabla 7. Calculo de Colector Sanitarios



4.2 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO IN SITU

El sistema de tratamiento estará conformado por las siguientes estructuras:

- Tanque séptico
- Pozo de absorción

4.2.1 Tanque Séptico

En general el agua residual proveniente de la actividad diaria llega a través de desagüe a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial, tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración en este caso se realizará la disposición mediante las zanjas.

Uno de los principales objetivos del diseño del tanque séptico es crear dentro de este una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande, Majumder y sus colaboradores (1960) informaron de la eliminación del 80% de los sólidos en suspensión en tres tanques sépticos de Bengala occidental, y se han descrito tasas de eliminación similares en un solo tanque cerca de Bombay. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida y la frecuencia de extracción de lodos (período de limpieza del tanque séptico). Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados.

La grasa, el aceite y otros materiales menos densos que flotan en la superficie del agua formando una capa de espuma pueden llegar a endurecerse considerablemente. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos. La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases. Los lodos que ocupan la parte inferior del tanque séptico se compactan debido al peso del líquido y a los sólidos que soportan. Por ello su volumen es mucho menor que el de los sólidos contenidos en las aguas servidas no tratadas que llegan al tanque. Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El empleo de desinfectantes en cantidades anormalmente grandes hace que mueran las bacterias, inhibiendo así el proceso de digestión.

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos. Tanto Majumder y sus

colaboradores (1960) hallaron que, aunque los tanques sépticos estudiados habían destruidos del 80% al 90% de los huevos de anquilostomas y Ascaris, en términos absolutos el efluente aun contenía grandes cantidades de huevos viables, que estaban presentes en el 90% de las muestras.

Se recomiendan solamente para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presenta diámetros reducidos.

4.2.1.1 Principios de diseño de tanque séptico

Los principios que han de orientar el diseño de un tanque séptico son los siguientes:

- Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

4.2.1.2 Dimensiones del Tanque Séptico

- Volumen útil del tanque séptico

Para el cálculo del volumen útil del tanque séptico se aplica el siguiente criterio

$$V_u = 1000 + N_c(CT + KL_f)$$

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco Lf (L / día)	
Ocupantes permanentes		C	Lf
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1

Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Tabla 8. Contribución de aguas residuales por persona

	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
más de 9,000	0.50	12

Tabla 9. Tiempos de retención

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Tabla 10. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

- Entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa de cubierta deberá quedar un espacio libre de 300 mm, como mínimo.
- El ancho del tanque deberá ser de 0,60 m, por los menos, ya que ese es el espacio más pequeño en que puede trabajar una persona durante la construcción o las operaciones de limpieza.
- La profundidad neta no deberá ser menor a 0,75 m.
- La relación entre el largo y ancho deberá ser como mínimo de 2:1.
- En general, la profundidad no deberá ser superior a la longitud total.
- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100mm (4").
- El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05m por debajo de la tubería de entrada.
- Los dispositivos de entrada y salida de agua residual al tanque séptico estarán constituidos por tees o pantallas.
- Cuando se usen pantallas, éstas deberán estar distanciadas de las paredes del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m.
- La prolongación de los ramales del fondo de las tees o pantallas de entrada o salida, serán calculadas por la fórmula $(0,47/A+0,10)$.
- La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque séptico.
- Cuando el tanque tenga más de un compartimiento, las interconexiones entre compartimiento consecutivos se proyectarán de tal manera que evite el paso de natas y lodos.
- El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.

4.2.1.3 Operación y mantenimiento

- Los lodos y las espumas acumuladas deben ser removidos en intervalos equivalentes al periodo de limpieza del proyecto.
 - Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir, siempre que estas alteraciones sean justificadas y no afecten los rendimientos de operación ni se presenten olores indeseables.
 - Debe realizarse una remoción periódica de lodos por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y las personas.
 - Antes de cualquier operación en el interior del tanque, la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente (>15 min.) para la remoción de gases tóxicos o explosivos.
 - En ningún caso los lodos removidos, pueden arrojarse a cuerpos de agua.
 - En zonas aisladas, los lodos pueden disponerse en lechos de secado.
 - Los lodos secos pueden disponerse en rellenos sanitarios o en campos agrícolas; cuando estos últimos no estén dedicados al cultivo de hortalizas, frutas o legumbres que se consumen crudas.
-

4.2.2 Pozo de Absorción

Se trata de un pozo revestido por el que penetra el agua superficial y se filtra en el suelo circundante. El pozo de absorción es un sistema vertical de infiltración al subsuelo de las aguas provenientes de una fosa séptica, a través de sus paredes y piso permeables. Dicho sistema proporcional al agua un tratamiento físico y biológico a través de la infiltración en un medio poroso.

Para su diseño se tiene en cuenta la capacidad de absorción del suelo y el área de absorción del pozo.

Capacidad de Absorción	
Tiempo horas	Capacidad de Absorción Lts/m2/día
4	600
6	400
8	300
12	200
16	150
20	120
24	100
28	86
32	75

Tabla 11. Capacidad de Absorción del Suelo

Dato y Tipos de Pozos de Absorción			
Tipo	Diámetro m	Profundidad m	Área m ²
P1	1.50	1.50	8.85
P2	1.50	2.00	11.20
P3	1.50	2.50	13.55
P4	2.00	2.00	15.70
P5	2.00	2.50	18.85
P6	2.00	3.00	22.00
P7	2.50	2.00	20.60
P8	2.50	2.50	24.55
P9	2.50	3.00	28.50

Tabla 12. Tipos y Dimensiones Pozos de Absorción

4.2.3 Cálculo de los Elementos que Componen el Sistema de Acondicionamiento de Agua Residual

El sistema de tratamiento está proyectado para atender una población de 10 personas, las cuales habitan uno de los complejos de trabajadores de la planta, la cual está conformada por dos baterías sanitarias, y una oficina.

Para el diseño se tendrá en cuenta las zonas donde se realizan actividades que involucran consumo de agua las cuales son la cocina, la batería sanitaria y zona de lavado.

4.2.3.1 Tanque Séptico

Para el cálculo del volumen útil del tanque séptico se utiliza la metodología antes descrita de RAS.

La ecuación del volumen útil del tanque es:

$$V_u = 1000 + N_c (CT + KL_f)$$

- N_c : corresponde a la población de diseño la cual es de 10 habitantes.
- C : contribución de aguas residuales se obtiene de la Tabla 8 y se adopta 50 l/persona*día.
- L_f : contribución de lodo fresco se obtiene de la Tabla 8 y se adopta 0,2 l/persona*día.
- T : tiempo de retención está en función de la contribución diaria y esta corresponde a:

$$50 \text{ l/persona*día} * 10 \text{ personas} = 500 \text{ l/día}$$

Valor con el cual en la Tabla 9 se tiene, $T=1$ día (24 horas)

- K acumulación de lodo digerido

Tomando un año como intervalo de limpieza del tanque séptico y la temperatura promedio de la zona donde se encuentra ubicado el complejo es de 25°C , se tiene en la Tabla 10 que el valor de $K=57$.

Calculando el volumen útil se tiene:

$$V_u = 1000 + 10 \text{ personas} (50 \text{ l} / \text{ persona} * \text{ día} * 1 \text{ días} + 57 * 0,2 \text{ l} / \text{ persona} * \text{ día})$$

$$V_u = 1614 \text{ l}$$

Se propone el uso de un sistema prefabricado compuesto por un tanque séptico de 2000 litros y un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA) de 200 litros. Ver plano anexo.

4.2.3.2 Pozo de Absorción

Este recibirá directamente el efluente del tanque séptico el cual se percolará en el subsuelo, permitiendo así su oxidación y disposición final

Se define el caudal medio de aguas residuales el cual ya fue definido con anterioridad y corresponde a:

$$Q_{md} = 50 \text{ l} / \text{ persona} * \text{ día} * 10 \text{ personas} = 500 \text{ l} / \text{ día}$$

La tasa de infiltración del es de 200 l/m²/día

El área de absorción requerida es:

$$A_{Ar} = \frac{500 \text{ l} / \text{ día}}{200 \text{ l} / \text{ m}^2 / \text{ día}} = 2,5 \text{ m}^2$$

El número de pozos se determina a partir de la Tabla 12 Tipos y Dimensiones Pozos de Absorción, se toma el área para el pozo 1 y se obtiene:

$$N = \frac{2,5 \text{ m}^2}{8,85 \text{ m}^2} = 0,28 \text{ pozos}$$

Se construirán 1 pozos de absorción P1, el cual tendrán un diámetro de 1,5m y una profundidad de 1,5m

4.3 RED PLUVIAL

4.3.1 Descripción del Sistema⁶

El sistema de aguas lluvias se diseña para evacuar todo el caudal de la precipitación instantánea, debido a que las áreas de recolección son relativamente pequeñas y no se puede considerar reducción por tiempo de concentración, infiltración evaporación a través del terreno ya que se trata de superficies impermeables.

El sistema está configurado mediante una serie de bajantes que descargarán a un canal perimetral el cual descargará una caja de inspección y de allí al sistema de alcantarillado pluvial propuesto para el proyecto.

4.3.2 Diseño Bajantes

Para el diseño de bajantes se tendrá en cuenta la proyección horizontal de la cubierta. En caso de fachadas o culatas, se tomará el 50% de la pared vertical, si forman ángulo dos paredes se tomará el 35% de las dos.

Para el cálculo de las bajantes de aguas lluvias, se estimaron el número de unidades que puede transportar la bajante, se estableció el área en metros cuadrados que puede recibir cada una, donde la capacidad de la bajante está limitada por la capacidad del colector que la recibe en su base.

Con el fin de determinar el caudal de agua lluvia a evacuar para el proyecto se aplicó el Método Racional según lo establecido en la Resolución 0330 de 2017.

4.3.2.1 Método Racional

Este método establece que el caudal de agua lluvia que cae sobre un área determinada es el producto del área, la intensidad de la lluvia y el coeficiente de escorrentía.

Para la determinación de los caudales se utiliza la expresión:

$$Q = C \times I \times A$$

Donde:

Q = Caudal en l/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la lluvia en mm/h/m²

A = Área de la proyección horizontal de la cubierta en m²

⁶ RAFAEL PEREZ CARMONA "Agua, desagües y gas para edificaciones" Eco Ediciones.

El objetivo del método racional es que si una lluvia con intensidad (I) determinada comienza en forma instantánea, continua y en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración T_c , en el cual toda la cuenca estará contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de lluvia (i) y el área de la cuenca (A) es el caudal de entrada del sistema, y la relación entre este caudal y el caudal pico Q , se conoce como el coeficiente de escorrentía que es dependiente del material por donde escurre el agua lluvia. Las suposiciones asociadas con el método racional son:

- La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir, el caudal pico no resulta de una lluvia más intensa, de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye a la escorrentía a la salida de la cuenca.
- El tiempo de concentración empelado es el tiempo para que la escorrentía se establezca y fluya desde la parte más remota del área de drenaje hacia el punto de entrada del alcantarillado que se está diseñando.
- La intensidad de lluvia es constante durante toda la tormenta.

4.3.2.1.1 Coeficiente de Escorrentía – C

El coeficiente de escorrentía está dado en función del tipo de suelo, la impermeabilidad de la zona, la pendiente del terreno y de otros factores que determinan la fracción de lluvia que se convierte en escorrentía. En la Tabla 13 se presentan los coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de superficies.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubiertas	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.80
Vías adoquinadas	0.75
Zonas comerciales e industriales	0.75
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.70
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.70
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.55
Residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Laderas con vegetación	0.30

Tabla 13. Coeficiente de Escorrentía para Diferentes Tipos de Superficies

Para el diseño se asumió un $C=0.90$ correspondientes a cubiertas, toda vez que la edificación interceptará solamente aguas lluvias en su cubierta, estas serán direccionadas al sistema de evacuación de aguas lluvias propuesto para el proyecto.

4.3.2.1.2 Intensidad – I

De acuerdo NTC-1500, la dimensión de los conductores verticales y bajantes, desagües de la edificación y alcantarillado de aguas lluvias de la edificación y cualquier ramal horizontal de dichos desagües debe basarse en el caudal de precipitación por hora de un intervalo de 100 años o de la información meteorológica local representativa estadísticamente existente a la fecha suministrada por el IDEAM o en otras tasas de precipitación determinadas por información meteorológica local.

4.3.2.1.2.1 Cálculo de curvas IDF por Método Simplificado⁷

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método que se desarrolló en el estudio denominado Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad- Duración- Frecuencia. (Vargas M.R., Díaz-Granados O.M. 1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar. La expresión resultante está dada por:

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la Imagen 3, y sus valores se presentan en la Tabla 14.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

⁷ Manual de Drenaje para Carreteras. República de Colombia Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías.2009

Tabla 14. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento del Chocó, por lo tanto, se utilizaron los coeficientes pertenecientes a la región Pacífico (R3)

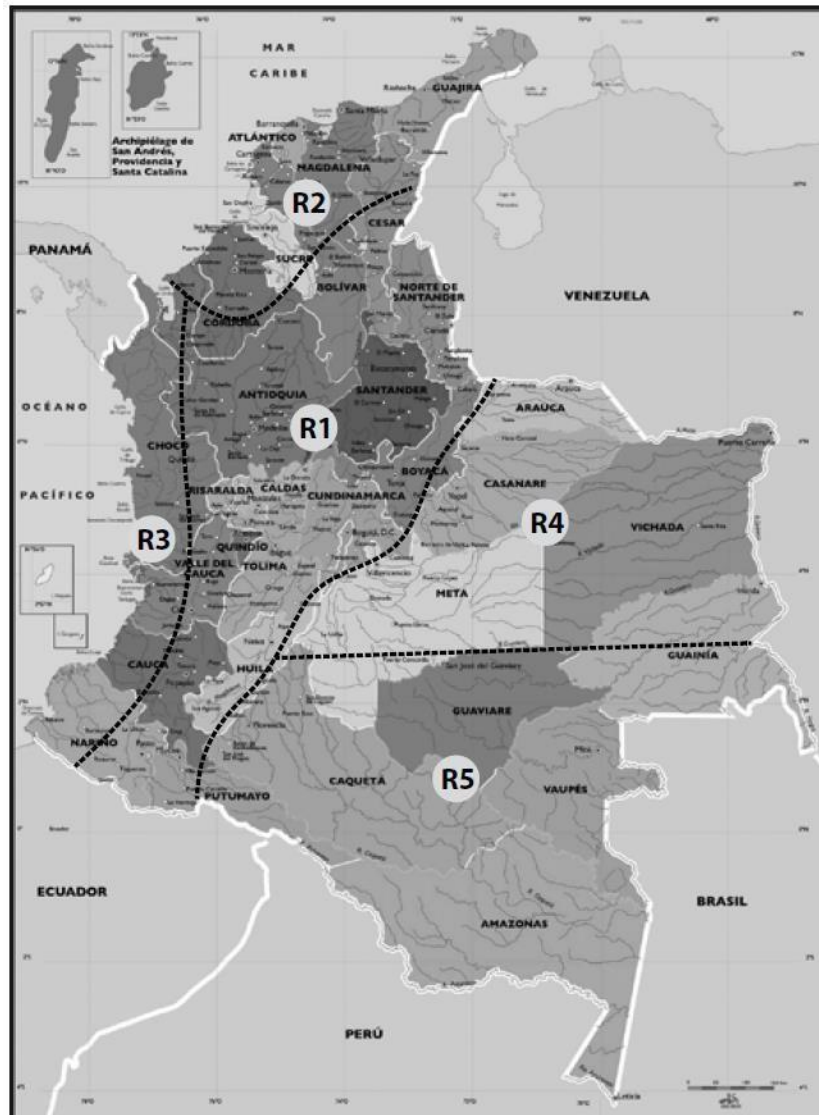


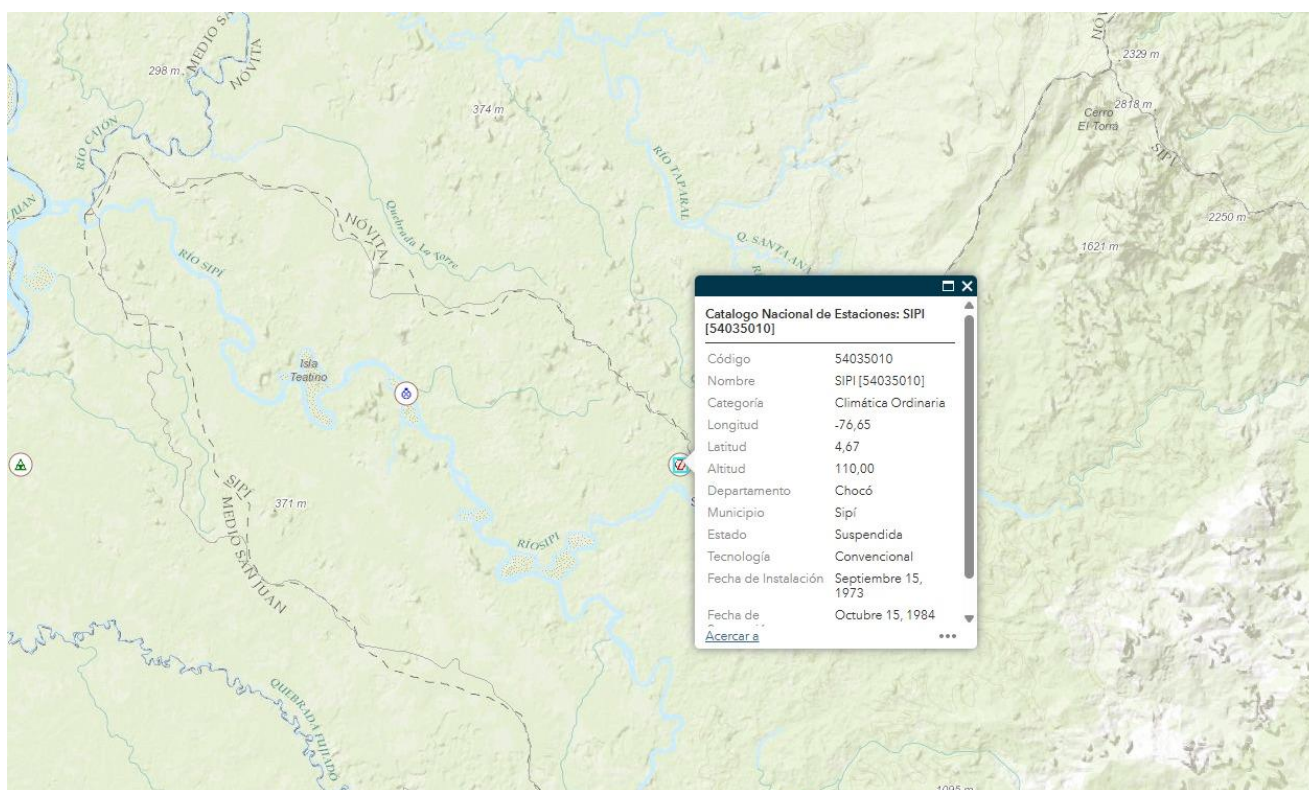
Imagen 3. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d

4.3.3 Información IDEAM

Se seleccionó la estación hidrometeorológica cercana a la zona de influencia del proyecto del catálogo de estaciones del IDEAM la cual se relaciona en la Tabla 15.

ENTIDAD	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD
IDEAM	54035010	SIPI	PLUVIOMÉTRICA	SIPI	4.67	-76.65

Tabla 15. Información Estación Sipi - Choco



De los datos de la estación Sipi se obtiene el siguiente análisis de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual

ESTACION PLUVIOMETRICA SIPI	
AÑO	PRECIPITACION (mm)
1972	98.0
1973	6.5
1974	110.0
1975	135.0
1976	110.0
1977	72.0
1978	113.0
1979	136.0
1980	93.0
1981	30.8
1982	136.0
1983	130.0
1984	97.0
1985	118.0
1986	105.0
1987	90.0
1988	108.0
1989	76.0
1990	95.0
1991	69.0
1992	74.0
1993	54.0
1994	103.0
1995	85.0
1996	120.0
1997	84.0
1998	75.0
1999	87.0
2000	72.0
2001	126.0
2002	71.0
2003	72.0
2004	75.0
2005	90.0
2006	72.0
2007	93.0
2008	84.0
2009	107.0
2010	106.0
2011	109.0
2012	80.0
2013	102.0
2014	80.0
2015	58.0
2016	72.0
2017	136.0
2018	124.0
2019	40.8
Numero de Datos	48
Media	91.25
Desviacion Tipica	27.44
Coeficiente de Asimetria	-0.55

Tabla 16. Precipitación Máxima en 24 horas Estación Sipi - IDEAM⁸

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, y cambiar sus parámetros para la región No. 1 se obtiene la siguiente ecuación:

⁸ Información descargada de www.ideam.gov.co

$$I = \frac{0.94 * T^{0.18} * 91.25^{0.83}}{(t/60)^{0.66}}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) se obtiene la siguiente tabla:

CURVAS IDF ESTACIÓN SIPI						
Duración (minutos)	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
15	112.63	132.83	150.48	177.46	201.05	227.76
30	71.28	84.07	95.24	112.31	127.24	144.15
45	54.55	64.33	72.88	85.94	97.36	110.30
60	45.11	53.20	60.27	71.08	80.53	91.23
75	38.94	45.92	52.02	61.35	69.50	78.73
90	34.52	40.71	46.12	54.39	61.62	69.81
105	31.18	36.77	41.66	49.13	55.66	63.05
120	28.55	33.67	38.15	44.99	50.96	57.74
135	26.42	31.15	35.29	41.62	47.15	53.42
150	24.64	29.06	32.92	38.82	43.98	49.83
165	23.14	27.29	30.91	36.46	41.30	46.79
180	21.85	25.77	29.19	34.42	39.00	44.18
195	20.72	24.44	27.69	32.65	36.99	41.91
210	19.73	23.27	26.37	31.09	35.22	39.91
225	18.86	22.24	25.19	29.71	33.66	38.13
240	18.07	21.31	24.14	28.47	32.25	36.54
255	17.36	20.47	23.19	27.35	30.99	35.11
270	16.72	19.72	22.34	26.34	29.84	33.81

Tabla 17. Curvas IDF Estación Sipi - Choco

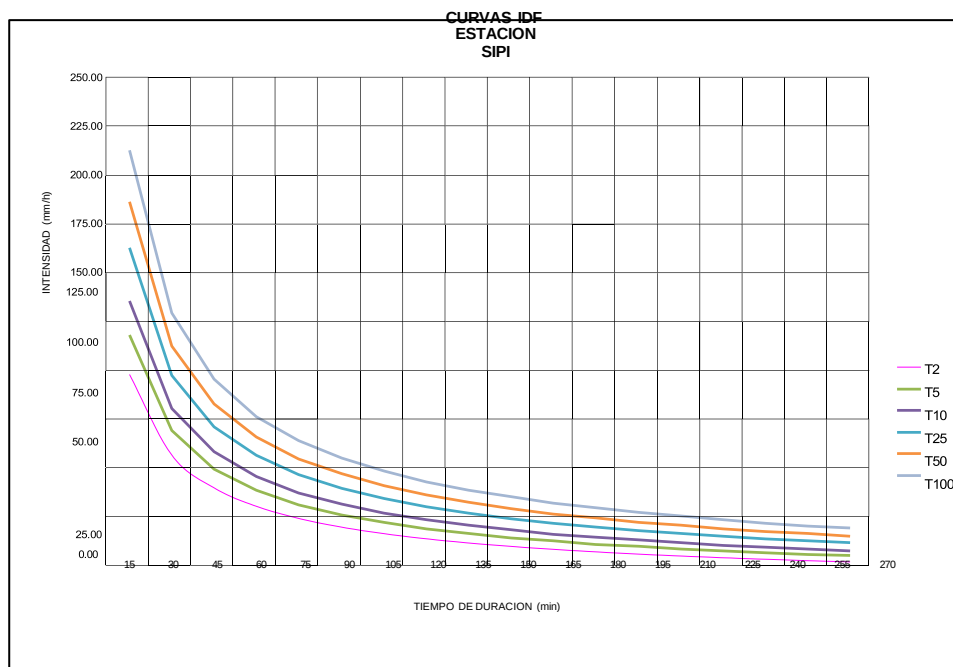


Imagen 4. Curvas IDF Estación SIPI-CHOCO

Por lo anterior para un periodo de retorno de 100 años la intensidad para la zona es de 144.15 mm/h para una duración de 30 minutos.

Según la NTC-1500 los conductos verticales y las bajantes de forma circular deben ser dimensionados para el área máxima proyectada para la cubierta según la Tabla 12.6.2.(1)

Tabla 12.6.2(1) Dimensión de conductos verticales y bajantes circulares de desagüe de aguas lluvias

Diámetro del tubo de bajada (pulgadas) ^a	Área de la cubierta proyectada horizontalmente metros cuadrados (pies cuadrados)											
	Caudal de precipitación mm/h (pulgada/h)											
	25 (1)	51 (2)	76 (3)	102 (4)	127 (5)	152 (6)	178 (7)	203 (8)	229 (9)	254 (10)	279 (11)	305 (12)
(2)	268 (2 880)	134 (1 440)	89 (960)	67 (720)	53 (575)	45 (480)	38 (410)	33 (360)	30 (320)	27 (290)	24 (260)	22 (240)
(3)	818 (8 800)	409 (4 400)	272 (2 930)	204 (2 200)	164 (1 760)	137 (1 470)	117 (1 260)	102 (1 100)	91 (980)	82 (880)	74 (800)	68 (730)
(4)	1 709 (18 400)	855 (9 200)	569 (6 130)	427 (4 600)	342 (3 680)	285 (3 070)	244 (2 630)	214 (2 300)	190 (2 045)	171 (1 840)	156 (1 675)	142 (1 530)
(5)	3 214 (34 600)	1 607 (17 300)	1 071 (11 530)	804 (8 650)	643 (6 920)	536 (5 765)	459 (4 945)	402 (4 325)	357 (3 845)	321 (3 460)	292 (3 145)	268 (2 880)
(6)	5 017 (54 000)	2 508 (27 000)	1 672 (17 995)	1 254 (13 500)	1 003 (10 800)	836 (9 000)	717 (7 715)	627 (6 750)	557 (6 000)	502 (5 400)	456 (4 910)	418 (4 500)
(8)	10 776 (116 000)	5 388 (58 000)	3 592 (38 660)	2 694 (29 000)	2 155 (23 200)	1 794 (19 315)	1 539 (16 570)	1 347 (14 500)	1 197 (12 890)	1 078 (11 600)	980 (10 545)	892 (9 600)
Factor de conversión: 1 m ² = 10,8 pie ²												
^a Las dimensiones indicadas son para el diámetro de tubería circular. Esta tabla es aplicable para tubería de otras formas siempre que la forma de la sección transversal incluya totalmente un círculo del diámetro indicado en esta tabla. Para tubos de bajada rectangulares, vease la Tabla 12.6.2(2). Se permite la interpolación para tamaños de tuberías que caen entre las indicadas en esta tabla.												

Tabla 18. Tabla Proyección horizontal en m² de área servida

Por lo tanto, el valor asumido para la intensidad de diseño es de 152mm/h.

4.3.4 Cálculo de Bajantes

Para el cálculo de las bajantes pluviales la cubierta fue tomada una sola área, se muestra en la Imagen 5, con el valor correspondiente estimado de área se calculó el valor del caudal a evacuar por la bajante y haciendo uso de la tabla No. 19 se determinó el diámetro a utilizar de acuerdo al área máxima proyectada horizontalmente.

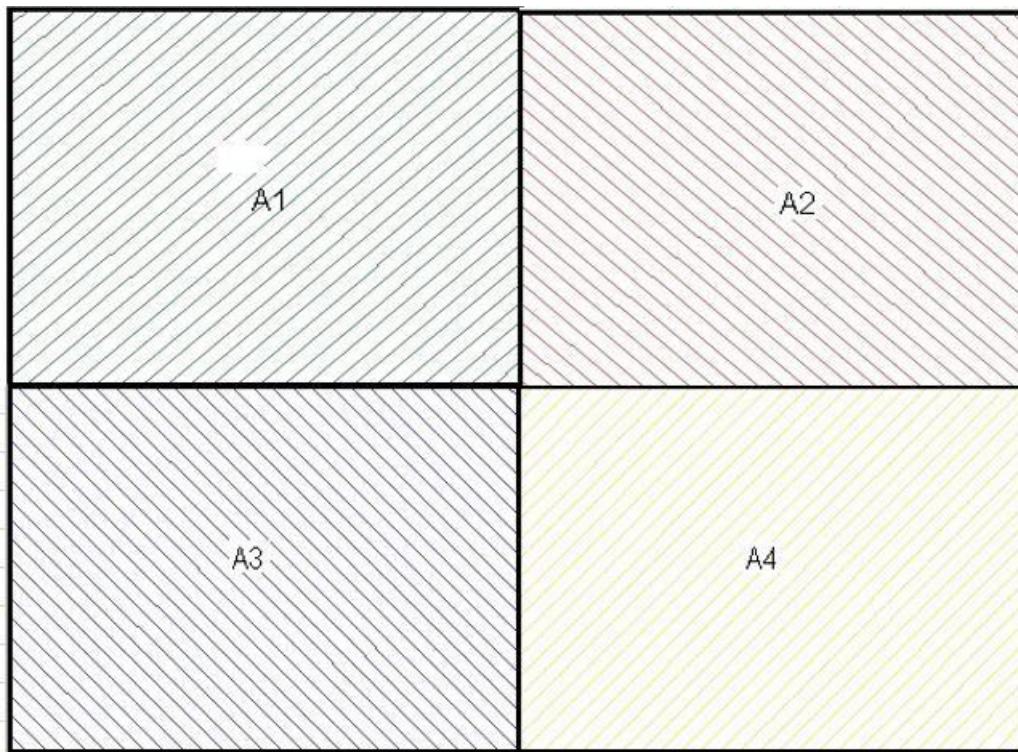


Imagen 5. Área de Drenaje por Bajante Proyectada

**SISTEMA PLUVIAL
CÁLCULO BAJANTES AGUAS
LLUVIAS**

CLASE DE TUBERÍA: PVC

n= 0,010

INTENSIDAD DE LA LLUVIA

I= 152 mm/h/m²

COEFICIENTE DE IMPERMEABILIDAD

C= 0.90

No. DE BAJANT	AREA			Q LPS	Ø Pulg
	PROPIA	ACUMULADA	MAX		
1	84.45	84.45	137	4.45	3
2	84.45	84.45	137	4.45	3
3	96.86	96.86	137	5.11	3
4	96.86	96.86	137	5.11	3

Tabla 19. Cálculo de Bajantes Sistema de Aguas Lluvias

Se proyectó una bajante por área para la evacuación de las aguas lluvias drenadas por la cubierta, se tiene que las bajantes descargan a una vía externa de área del proyecto, toda vez que no se cuenta con una red de alcantarillado pluvial en la zona.

4.3.5 Cálculo de Colectores Aguas Lluvias

Se presenta el colector de aguas lluvias definido para el proyecto, la descarga se realizará a la red de alcantarillado de aguas lluvias existente en la zona.

TRAMO		CAUDAL	DISEÑO							QLLENO	VLLENO	HIDRAULICA							COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		CORTES		CAIDA	CLASE DE	FUERZA TRACTIVA		
INICIAL	FINAL		DISEÑO	LONGITUD	DIAMETRO	DIAMETRO	DIAMETRO	PENDIENTE	P			q/Q	v/V	h/D	Y/D	Rh/D	Rh	V.REAL	ORIGEN	FINAL	ORIGEN	FINAL	ORIGEN	FINAL	ORIGEN	FINAL			ORIGEN	FINAL	BS
		lps	m	pulg	mm	mm	%	Terreno	lps	m/seg							m	m	m	m	m	m	m	m	m	m					> 1 Pa
1	2	8.91	17.26	6	168.28	160.04	1.00%	0.00%	23.53	1.17	0.379	0.79	0.48	0.37	0.24	0.99	0.93	0.00	0.00	-0.50	-0.67	-0.67	-0.84	0.67	0.84	0.05	SUBCRITICO	0.48	0.04	3.84	
2	3	19.13	17.00	6	168.28	160.04	1.00%	1.76%	23.53	1.17	0.813	0.99	0.77	0.77	0.30	1.23	1.16	0.00	-0.30	-0.72	-0.89	-0.89	-1.06	0.89	0.76	0.05	SUBCRITICO	0.77	0.05	4.80	
3	T.A	19.13	1.00	6	168.28	160.04	1.00%	10.00%	23.53	1.17	0.813	0.99	0.77	0.77	0.30	1.23	1.16	-0.30	-0.40	-0.94	-0.95	-1.11	-1.12	0.81	0.72	0.05	SUBCRITICO	0.77	0.05	4.80	

Tabla 20. Cálculo de Bajantes Sistema de Aguas Lluvias

5. DISEÑO RED CONTRA INCENDIOS

5.1 Clasificación Según Ocupación

La clasificación de la planta se realizó según lo indicado en el capítulo K.2 Clasificación de las Edificaciones por Grupos de Ocupación según de la NSR-10.

Tabla K.2.1-1
Grupos y subgrupos de ocupación

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNIÓN	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2.8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2.11

Para el caso de la planta esta se clasifica como Grupo de Almacenamiento Subgrupo de Riesgo Moderado – A-1 por tratarse de un área destinada para el área de almacenamiento de materiales para la elaboración de alimentos, teniendo en cuenta lo definido en el literal K.2.2.

K.2.2 — GRUPO DE OCUPACIÓN ALMACENAMIENTO (A)

K.2.2.1 — GENERAL — En el Grupo de Ocupación Almacenamiento (A) se clasifican las edificaciones o espacios utilizados como el almacenamiento de mercancías, carga o bienes en general, a menos que se clasifiquen en el Grupo de Ocupación Alta Peligrosidad (P), numeral K.2.9. El Grupo de Ocupación Almacenamiento (A) está constituido por los

Subgrupos de Ocupación Almacenamiento Riesgo Moderado (A-1) y Almacenamiento Riesgo Bajo (A-2).

K.2.2.2 — SUBGRUPO DE OCUPACIÓN ALMACENAMIENTO DE RIESGO MODERADO (A-1)

En el Subgrupo de Ocupación Almacenamiento de Riesgo Moderado (A-1) se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para almacenamiento de materiales que, siendo combustibles, arden con rapidez moderada y no producen gases venenosos ni explosivos. En la tabla K.2.2-1 se presenta una lista indicativa de materiales de almacenamiento y tipos de edificaciones que deben clasificarse en el Subgrupo de Ocupación (A-1).

Tabla K.2.2-1
Subgrupo de ocupación almacenamiento de riesgo moderado (A-1)

Papel	Muebles	Cera
Vestidos	Maderas	Pieles
Zapatos	Linóleo	Establos y galpones
Paja	Azúcares	Estacionamientos
Cuero	Seda	Talleres mecánicos
Cartón	Tabaco	Productos fotográficos
Adhesivos	Cigarrillos	Otros similares
Cales	Granos	

K.2.2.3 — SUBGRUPO DE OCUPACIÓN ALMACENAMIENTO DE RIESGO BAJO (A-2)

En el Subgrupo de Ocupación Almacenamiento de Riesgo Bajo (A-2) se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para el almacenamiento de material incombustible o de combustión muy lenta. En la tabla K.2.2-2 se presenta una lista indicativa de materiales de almacenamiento y tipos de edificaciones que deben clasificarse en el Subgrupo de Ocupación (A-2).

Tabla K.2.2-2
Subgrupo de ocupación almacenamiento de riesgo bajo (A-2)

Asbestos
Productos alimenticios
Vidrio
Metales
Porcelana
Talcos
Otros similares

5.2 Sistemas y Equipos para Extinción de Incendio

De acuerdo con el Título J literal J.4.3.1 de la NSR-10, las edificaciones del Grupo de Ocupación de Almacenamiento (A) deben estar protegidos con sistemas y equipos para protección contra incendio, así:

J.4.3.1 – GRUPO DE OCUPACIÓN A (ALMACENAMIENTO)

J.4.3.1.1 — Rociadores Automáticos

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por un sistema aprobado y eléctricamente supervisado, de rociadores automáticos diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC2301 y con la Norma para Instalación de Sistemas de Rociadores, NFPA 13, así:

- (a) En la totalidad de edificios con más de tres pisos o 9 m de altura, lo que sea mayor, clasificados en el subgrupo de ocupación A-1 (Almacenamiento de riesgo moderado).
- (b) En la totalidad de edificios con áreas no separadas con muros cortafuegos y mayores de 1000m², clasificados en el subgrupo de ocupación A-1 (Almacenamiento de riesgo moderado).
- (c) Sin importar el número de pisos y en la totalidad de edificios con menos de 18 m de aislamiento con áreas de uso público y con los linderos de otra propiedad, clasificados en el subgrupo de ocupación A-1 (Almacenamiento de riesgo moderado).
- (d) Sin importar el número de pisos y en la totalidad de edificios con área total de construcción mayor de 2 200 m², incluidas las áreas de mezanines, clasificados en el subgrupo de ocupación A-1 (Almacenamiento de riesgo moderado).
- (e) Sin importar el subgrupo de clasificación de riesgo, en la totalidad de edificios del grupo A, independientemente de su área construida, cuando sea de acceso público.
- (f) En la totalidad de edificios dedicados al almacenamiento de llantas, con un volumen de almacenamiento mayor de 500 m³.

J.4.3.1.2 — Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por un sistema de tomas fijas Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y con el Código para Instalación de Sistemas de Tuberías Verticales y Mangueras, NFPA 14.

J.4.3.1.3 — Extintores portátiles de fuego

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma Extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y con la Norma de Extintores de fuego Portátiles, NFPA 10.

Dada la clasificación de la construcción en Grupo de Ocupación de Almacenamiento – Subgrupo de Ocupación Riesgo Moderado – A-1 esta requiere en lo relacionado a sistemas y equipos para extinción de incendio lo siguiente:

- Tomas fijas para bomberos
 - Mangueras para la extinción de incendios
 - Extintores de fuegos portátiles
-

5.3 Diseño de Sistema Contra Incendios

5.3.1 Análisis del Riesgo

De acuerdo a la NFPA 13- 2016 el riesgo se puede clasificar de la siguiente manera:

Clasificación			Cantidad de Contenidos	Combustibilidad de Contenidos	Tasa de emisión de calor bajo fuego de los contenidos	Altura de las pilas de contenidos	Materiales Presentes	Líquidos Inflamables	Fuego de Rápido Desarrollo
1	LHO	Ocupaciones de riesgo ligero	Baja	Baja	Baja				
2	OHO-01	Ocupaciones de riesgo ordinario Grupo1	Moderada	Baja	Moderada	<8ft (2.4m)			
3	OHO-02	Ocupaciones de riesgo ordinario Grupo 2	Moderada a Alta	Moderada a Alta	Moderada	<12ft (3.7)			
					Alta	<8ft (2.4m)			
4	EHO-01	Ocupaciones de riesgo extra Grupo1	Muy Alta	Muy Alta	Alta		Polvo o Pelusa	Bajo o Nulo	Si
5	OHO-02	Ocupaciones de riesgo extra Grupo 2					Alto contenido de combustibles compartimentados	Moderado a Alto	
6	SOH	Ocupaciones de riesgo especial							

Tabla 21. Clasificación del Riesgo NFPA 13 2016

De acuerdo con la anterior tabla la planta se clasifica como Ocupación de Riesgo Ligero – LHO.

5.3.2 Método de Extinción a Utilizar

El tipo de fuego que se puede producir y desarrollar por materiales combustibles que se pueden encontrar en dicha edificación tales como madera, cartón, papel, equipos electrónicos entre otros, es de CLASE A⁹ el cual se lo combatirá con el método de **extinción por enfriamiento**, método que consiste en la reducción de la temperatura a base de materiales líquidos como lo es el agua en este caso en particular.

5.3.3 Selección del Sistema a Utilizar

Para este diseño se seleccionó un sistema de gabinetes conectados a una red de tuberías que contengan agua que a su vez se conecte a un suministro de tal forma que el agua se descargue a través de las mangueras para la extinción de los incendios. (NSR-10 J.4.3.2)

⁹ NFPA 10. National Fire Protection Association. 2016

5.3.4 Diseño por el Método Hidráulico

5.3.4.1 Gabinetes

Los parámetros que se deben manejar en la implementación de gabinetes en la red contra incendios, se encuentran en la NFPA 14 y a su vez se ve reflejado esta información en la NTC 1669 en ella se evidencia los procedimientos a realizar para que se pueda integrar el gabinete al sistema contra incendio de la mejor manera (National Fire Protection Association, 2016).

Existen tres tipos de gabinetes, cada uno con características específicas y usos distintos. Los sistemas de gabinetes son:

- Sistema Clase I

Está provisto con estaciones de manguera de 1½" (40mm) para suministrar a bomberos y personal entrenado, para el manejo de grandes caudales.

El gabinete tipo I está conformado por:

- Manguera
- Extintor
- Válvula 1½"
- Llave tensora
- Hacha
- Boquilla combinable

Para este tipo de sistema el caudal mínimo requerido será de 500 gpm (1893 L/min). La presión mínima deberá ser de 100 psi para la conexión de 2½" y de 65 psi para la conexión de 1½".

- Sistema Clase II

Este sistema cuenta con estaciones de manguera de 1½" (40mm) para suministrar agua durante la respuesta inicial, a todo el personal entrenado e incluso bomberos.

El gabinete tipo I está conformado por:

- Manguera 2½"
 - Extintor
 - Válvula 2½"
 - Llave tensora
-

- Hacha
- Boquilla combinable

Para este tipo de sistema el caudal mínimo requerido será de 100 gpm (379 L/min). La presión mínima deberá ser de 100 psi para la conexión de 2½" y de 65 psi para la conexión de 1½".

- **Sistema de Clase III**

En este sistema también está contenido las estaciones de 1½" (40mm), pero adicionalmente se encuentran conexiones de mangueras de 2½" (65mm) para brindar un mayor volumen de agua para el uso de bomberos y todo aquel personal capacitado para manejar grandes caudales.

El gabinete tipo I está conformado por:

- Manguera 1½"
- Manguera 2½"
- Extintor
- Válvula 2½"
- Llave tensora
- Hacha
- Boquilla combinable

Para este tipo de sistema el caudal mínimo requerido será de 500 gpm (1893 L/min). La presión mínima deberá ser de 100 psi para la conexión de 2½" y de 65 psi para la conexión de 1½".

Existe una clasificación de caudales para los sistemas de gabinetes de acuerdo al tipo de riesgo que atenderá, esta clasificación se presenta a continuación la Tabla 21. Requisitos de abastecimiento de agua para sistemas de gabinetes:

Ocupación	Mangueras Interiores		Total Combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Leve	0, 0.50, ó 100	0, 190, ó 380	100	380	30
Riesgo Ordinario	0, 0.50, ó 100	0, 190, ó 380	250	950	60
Riesgo Extra	0, 0.50, ó 100	0, 190, ó 380	500	1900	90

Tabla 22. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente. NFPA13-2016

5.3.4.2 Cálculo de Presión y Caudal del Sistema Hidráulico

Con base al procedimiento de diseño en hidráulica aplicada y las restricciones de la norma NFPA-13, se presenta el procedimiento para el desarrollo de los cálculos hidráulicos, con la finalidad de definir presiones y caudales necesarios para correcto funcionamiento del sistema de protección contra incendios.

Procedimiento de diseño

- Recopilar los datos de entrada para el diseño hidráulico, como lo son: configuración, materiales, distribución y características.
- Determinar el caudal y presión del gabinete más remoto,
- Una vez identificados la presión y caudal del gabinete más remoto, se traslada al siguiente “punto hidráulico” hasta completar la totalidad del recorrido dependiendo de la selección de elementos a incluir en el diseño, en cada punto hidráulico deben ser consideradas las pérdidas por fricción. Las pérdidas por fricción se dividen en tres categorías: pérdidas por longitud de tubería, pérdidas por accesorios y pérdidas por diferencia de altura.

Las **Pérdidas por Longitud** en tuberías se calculan de acuerdo con la de Hazen-Williams, la cual relaciona el tipo de tubería (Factor-C), el flujo de la tubería y el diámetro del tubo.

$$H_L = \frac{4.52 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}}$$

Dónde:

HL = Perdidas de fricción por longitud de tubería (psi / ft de tubería)

Q = Flujo (gpm)

C = Coeficiente de fricción de Hazen-William (adimensional)

D = Diámetro interno actual de tubería en (in)

TUBERIA O CONDUCTO	VALOR C
Tubería de hierro dúctil o fundido sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas secos, incluye preacción)	100
Acero negro (sistemas húmedos, incluye diluvio)	120
Acero galvanizado (sistemas secos, incluye preacción)	100
Acero galvanizado (sistemas húmedos, incluye diluvio)	120
Tubería de plástico (toda la listada)	150
Tubería de hierro dúctil o fundido con recubrimiento de cemento	140
Tubería de cobre, latón o acero inoxidable	150
Tubería de asbesto cemento	140
Tubería de concreto	140

Tabla 23. Valores C de Hazen-Williams. NFPA 13-2016

Para hacer uso de la ecuación anterior, el sistema debe cumplir con los siguientes requisitos: Solo es factible cuando se usa agua, el sistema no debe trabajar a presiones mayores de 175 psi, y la temperatura no debe superar los 30°C. Por otro lado, el valor

del “factor-c” es de 120 para tuberías de acero, ver Tabla 22, debido a que el sistema es de tubería húmeda y de acero al carbón ASTM A-53.

Para el cálculo de **Pérdidas por Accesorios** en el sistema, se hace uso de la Tabla 23, la cual expresa las pérdidas de los accesorios en longitud equivalente de tubería de acero SCH 40. Los valores de la Tabla 17 son derivados experimentalmente y son aceptados por las normas internacionales para el diseño hidráulico.

ACCESORIOS Y VALVULAS	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"
Codo 45º	1	1	2	2	3	3
Codo Std 90º	2	3	4	5	6	7
Codo RL 90º	2	2	2	3	4	120
Te o Cruz flujo de 90º	5	6	8	10	12	120
Válvula mariposa				6	7	150
Válvula compuerta				1	1	140
Check columpio	5	7	9	11	14	150

Tabla 24. Valores Longitud Equivalente de Tubería cd 40 de accesorios y válvulas tomados de la NFPA 13-2016.

Las **Pérdidas de Carga por Diferencia de Altura**, para establecer estas pérdidas se hace uso de la siguiente ecuación.

$$Pe = \Delta h * 0,433$$

Dónde:

Pe = Perdidas de fricción por elevación (psi)

Δh = Diferencia de alturas (ft)

5.3.4.3 Cálculo sistema de presión Red Contra Incendio

Tramo	Nodo	Diferencia de Altura	Presion	Diam Nom.	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tuberia	PF (psi)
	Inicio	Feet	Residual	Diam Int	Vel (fps)	acc	LE accesorios	PE (psi)
	Fin		PSI	C		gpo	Log Total	PV (psi)
1-2	1	5.5	100.00	2.50	100	0.1100	14.1	8.371
	2		113.87	2.47	6.70	Codo 90º	12	5.500
				120			26.1	0.302

5.3.4.4 Volumen del Tanque

El volumen del tanque se define a partir del caudal requerido por el sistema y el tiempo de duración para la atención del incendio.

Caudal (gpm)	100
Duración	30 min
Volumen (galones)	3000
Volumen (m³)	11.36

5.3.4.5 Sistema de Bombeo

Todos los parámetros para el diseño, selección, desempeño y características principales de la bomba para el sistema contra incendio, se encuentra especificado en la NFPA 20. En el momento de realizar la selección de la bomba se deberá tener en cuenta que cumpla todos los requerimientos para el diseño a desarrollar (National Fire Protection Association, 2016).

La unidad de la bomba contra incendio está conformada por una bomba, un impulsor y un controlador. La operación de la bomba siempre se deberá realizar por personal capacitado para garantizar un desempeño satisfactorio del equipo. Para su funcionamiento funcionaran como impulsores aceptables, los motores eléctricos, motores diésel, turbinas de vapor o una combinación de estos.

5.3.4.5.1 Capacidad de la Bomba.

La capacidad de la bomba deberá estar clasificada a una presión neta de 40 psi (2.7 (bares) o más. A continuación, se representa la capacidad de la bomba contra incendio en la Tabla 24. Capacidades de bombas.

CAPACIDADES DE BOMBAS CENTRIFUGAS CONTRA INCENDIO			
gpm	L/min.	gpm	L/min.
25	95	100	3785
50	189	1250	4731
100	379	1500	5677
150	568	2000	7570
200	757	2500	9462
250	946	3000	11355
300	1136	3500	13247
400	1514	4000	15140
450	1703	4500	17032
500	1892	5000	18925
750	2839		

Tabla 25. Capacidades de Bombas

5.3.4.5.2 Calculo Equipo de Bombeo

CAUDAL REQUERIDO	6.31 lps
ALTURA TOPOGRAFICA A ELEVAR (PRESION EN EL GABINETE CRITICO + ALTURA HASTA GABINETE CRITICO+ PERDIDAS GENERADAS EN LA RED - RUTA CRITICA)	78.96 m

Para el cálculo de las perdidas por fricción y localizadas se utilizaron las siguientes expresiones

Perdidas por Fricción:

$$\Delta J = (L / (0.275 C)^{1.85}) * (Q^{1.85} / D^{4.85})$$

Perdidas por Localizadas:

$$J = Q^2 / (8g\pi^2 D^4)$$

- Cálculo Altura Manométrica

La altura manométrica se calculó con la siguiente expresión:

$$H_m = H_T + \left[\frac{L_a + Le_a}{(0.275 C_a)^{1.85} * D_a} + \frac{L_i + Le_i}{(0.275 C_i)^{1.85} * i} \right] Q^{1.85}$$

ALTURA TOPOGRAFICA (H _T)	78.96 m
LONGITUD DE ASPIRACION (L _a)	1.5 m
LONGITUD DE IMPULSION (L _i)	68.4 m
DIAMETRO DE ASPIRACION (D _a)	0.0667 m
DIAMETRO DE IMPULSION (D _i)	0.065 m
COEFICIENTE H Y W - ASPIRACION (PVC)	150
COEFICIENTE H Y W - IMPULSION (ACERO)	120

Aspiración

ACCESORIO	CANTIDAD	Le (m)
Válvula de Pie	1	16.675
Salida Bilateral	1	4.3355
Codo 90°	2	4.002
Unión	2	4.002
Válvula OS&Y	2	29.348
Total		58.3625

Impulsión

ACCESORIO	CANTIDAD	Le (m)
Válvula de Cheque	1	6.5
Salida Bilateral	2	8.45
Unión	2	3.9
Válvula OS&Y	2	28.6

Válvula de Compuerta	1	22.75
	Total	70.2

La+Le=	59.86
$(0.275Ca)^{1.85} \cdot Da^{4.85} =$	0.00193
Li+Le=	77.68
$(0.275Ca)^{1.85} \cdot Da^{4.85} =$	0.0011
Ka=	31017.75
Ki=	68933.23
Ka+Ki	99950.98
$Q^{1.85}$	0.00009
$(Ka+Ki) \cdot Q^{1.85}$	8.51

Altura Manométrica= 87.46m

- **Calculo de la Potencia**

$$P = \gamma * Q * H_{Man} / (\eta * K_1)$$

POTENCIA DE CALCULO		
Peso Específico Agua (γ)	1000	kg/m ³
Caudal	0,0063	m ³ /s
Altura Manométrica (H_{Man})	87.46	m
Eficiencia BOMBA (η)	0,6	
Factor Conversor de Unidades (K_1)	76,04	
Potencia	12.10	HP

Se instalarán dos (2) bombas una que maneje la potencia total requerida (100%) y una jockey (5%).

- Bomba No.1 al 100% - 12.5 HP
- Bomba No.2 al 5% - 1HP

El equipo de bombeo contra incendio debe ser instalado de acuerdo a la NFPA 20 y debe ser aprobado por la autoridad competente.

5.3.5 Extintores de Fuego Portátiles

La selección de extintores para una situación dada, debe ser determinada por el carácter de los incendios anticipados, la construcción y ocupación de la propiedad individual, el vehículo

o riesgo a ser protegido, condiciones ambiente-temperatura y otros factores. El número, tamaño, colocación y limitaciones de uso de los extintores requeridos, debe cumplir con las exigencias del Capítulo 3 de la NTC 2885.

5.3.5.1 Clasificación, Categorización y Desempeño de Extintores de Incendio

Los extintores portátiles de incendio están clasificados para uso en ciertas clases de fuegos y categorizados para su efectividad de extinción relativa a una temperatura de 70 °F (21 °C) por los laboratorios de ensayo. Esto se basa en la clasificación de fuegos y en los potenciales de extinción determinados por ensayos de fuego.

El sistema de clasificación y categorización descrito en esta norma es el establecido en la NTC 1916.

Los extintores portátiles utilizados para cumplir con esta norma, deben estar registrados y marcados (rotulados) y cumplir o exceder todas las exigencias de la norma sobre ensayos de fuego y cumplir o exceder una de las normas de desempeño apropiadas que se indican a continuación:

- a) Normas para ensayo de fuego: NTC 1916
- b) Normas de desempeño:
 - 1. Tipo de Dióxido de Carbono: ANSI/UL 154.
 - 2. Tipo de Químico Seco: ANSI/UL 299.
 - 3. Tipos de Agua: NTC 2361.
 - 4. Tipos de Halón: ANSI/UL 1093.
 - 5. Tipos de Espuma: ANSI/UL 8

La identificación de la organización de registro y marca, el ensayo de fuego y la norma de desempeño que el extintor cumple o excede, debe estar claramente indicados en cada extintor.

Una organización que registre, extintores usados para cumplir con las exigencias de esta norma, debe utilizar un programa de certificación por tercera parte para extintores portátiles que cumplan o excedan ANSI/UL 1803, Standard for Factory Follow-up on Third Party Certified Portable Fire Extinguishers.

Excepción 1: Extintores fabricados antes de enero 1, 1989.

Excepción 2: Organizaciones de certificación acreditadas por el Standards Council of Canadá.

5.3.5.2 Clasificación de Riesgos

- **Riesgo ligero (Bajo)**
-

Las instalaciones de riesgo ligero, son aquellas en las cuales la cantidad total de materiales combustibles Clase A, incluyendo muebles, decoración y contenido, es muy poca. Puede incluir algunos edificios o salones ocupados como oficinas, aulas, iglesias, vestíbulos de reunión, áreas de huéspedes de hoteles/moteles, etc. Esta clasificación anticipa que la mayoría de los artículos contenidos o no, son combustibles o están dispuestos de tal manera que no es probable que un incendio se esparza rápidamente. Pequeñas cantidades de inflamables Clase B, utilizados para máquinas copiadoras, departamentos de arte, etc., son incluidas siempre y cuando sean conservadas en recipientes cerrados y almacenadas con seguridad.

- **Riesgo ordinario (Moderado)**

Las instalaciones de riesgo ordinario son aquellas en las cuales la cantidad total de combustibles Clase A e inflamables Clase B, están presentes en cantidades mayores que las esperadas en riesgos bajos. Estas ocupaciones podrían consistir de áreas de comedores, almacenes y bodegas mercantiles, fabricación liviana, operaciones de investigación, salas de exhibición de automóviles, garajes de estacionamiento, talleres o áreas de apoyo de servicio de bajo riesgo, y bodegas que contengan mercancías Clase I o Clase II, tal como las define NFPA 231, Standard for General Storage.

- **Riesgo extra (Alto)**

Las instalaciones de alto riesgo son aquellas en las cuales la cantidad total de combustibles Clase A e inflamables Clase B presentes, en almacenamiento, producción, uso, y/o productos terminados, está por encima de la esperada en riesgos ordinarios (moderado). Estas ocupaciones podrían consistir en talleres de madera, reparación de vehículos, mantenimiento de aviones y botes, áreas de cocina, salas de exhibición de productos individuales, exhibiciones de productos en centros de convenciones y procesos de fabricación y almacenamiento tales como pintura, inmersión, recubrimiento, incluyendo manejo de líquidos inflamables. También incluye bodegaje de materiales en proceso diferentes a los productos Clase I y Clase II.

La planta se clasifica como un riesgo ordinario (moderado) de acuerdo con las condiciones de almacenaje de productos para la fabricación de alimento para animales.

La clasificación de los extintores debe consistir de una letra que indica la clase de fuego para la cual es efectivo, precedida por un número de categorización (solamente Clases A y B), que indica la efectividad relativa de extinción.

Excepción: los extintores clasificados para uso en riesgos Clase C o D, no necesitan tener un número antes de la letra de clasificación.

- Los extintores portátiles deben ser mantenidos totalmente cargados y en condición operable y en los sitios designados en todo momento, mientras no estén en uso.
 - Los extintores deben estar localizados prominentemente, en sitios de fácil acceso y de disponibilidad inmediata en el evento de un incendio. Preferiblemente, deben estar localizados a lo largo de vías de acceso normales, incluyendo salidas de diferentes áreas.
 - Los gabinetes de extintores no deben tener llave.
Excepción: cuando los extintores son sometidos a mal uso, pueden instalarse en gabinetes con llave siempre y cuando se proporcionen los medios para acceso de emergencia.
 - Los extintores de fuego no deben estar obstruidos u ocultos a la vista.
Excepción: en cuartos grandes, y en ciertas locaciones donde la obstrucción visual no puede ser evitada completamente, se deben proveer medios para indicar la localización.
 - Los extintores portátiles, diferentes a los de ruedas, deben ser instalados de forma segura en el gancho o soporte suministrado, colocados en gabinetes o empotrados en la pared.
 - Los soportes deben estar anclados firmemente a la superficie de montaje, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los extintores sobre ruedas, deben ser localizados en el sitio designado.
 - Los extintores instalados bajo condiciones en las cuales estén sometidos a dislocamiento, deben ser instalados en ganchos especialmente diseñados para evitar este problema.
 - Los extintores de fuego instalados bajo condiciones donde estén sujetos a daño físico se deben proteger de los impactos.
 - Los extintores que tengan un peso bruto que no exceda de 40 libras (18,14 kg) deben ser instalados de manera que el tope del extintor no quede a más de 5 pies (1,53 m) por encima del piso. Los que tengan un peso superior (excepto los rodantes), deben ser instalados de tal manera que el tope no quede a más de 3,5 pies (1,07 m) por encima del piso. En ningún caso el espacio entre la base del extintor y el piso debe ser inferior a 4 pulgadas (10,2 cm).
-

- Las instrucciones de operación se deben localizar al frente del extintor. Ninguna otra marca o etiqueta, debe ser colocada allí. Excepción: además de las etiquetas del fabricante, otras que se relacionen específicamente con operación, clasificación o información de prevención, se pueden colocar en el frente del extintor.
- Los extintores montados en gabinetes o empotrados en la pared se deben colocar de tal manera que las instrucciones de operación miren hacia afuera. La localización de esos extintores, debe ser marcada prominentemente.
- Cuando los extintores sean instalados en gabinetes cerrados que estén expuestos a temperaturas elevadas, los gabinetes deben estar provistos de aberturas con malla y drenajes.
- Los extintores del tipo de agua (agua, AFFF, FFFP), no deben ser instalados en áreas en las cuales las temperaturas estén fuera del rango de 40 °F a 120 °F (4 °C a 49 °C). Los demás tipos no deben ser instalados en áreas en las cuales las temperaturas estén fuera del rango de - 40 °F a 120 °F (- 40 °C a 49 °C). Los extintores de fuego no deben ser expuestos a temperaturas por fuera de los rangos que se muestran en el rótulo del extintor.

Excepción 1: cuando los extintores son instalados en áreas sometidas a temperaturas por fuera de estos rangos, deben ser de un tipo aprobado y registrado para la temperatura a la cual están expuestos, o deben ser colocados en un cerramiento capaz de mantener el rango estipulado.

Excepción 2: los extintores que contengan agua corriente, solamente pueden ser protegidos a temperaturas tan bajas como - 40 °F (- 40 °C) mediante la adición de un anticongelante estipulado en la placa de identificación del extintor. Las soluciones de cloruro de calcio no deben ser usadas en extintores de acero inoxidable. Excepción 3: algunos extintores, están aprobados o registrados para temperaturas tan bajas como - 65 °F (- 54 °C). 1.6.15* Un manual de instrucciones del extintor de fuego se debe entregar al propietario o su representante, dando instrucciones condensadas y las precauciones necesarias para la instalación, operación, inspección y mantenimiento del o de los extintores. El manual se debe referir a esta norma como una fuente de instrucciones detalladas.

5.3.5.3 Selección de Extintores por Riesgos

Los extintores deben ser seleccionados para la (s) clase(s) de riesgos a ser protegidos, de acuerdo con lo siguiente.

- Los extintores para proteger riesgos Clase A, deben ser seleccionados de los siguientes tipos: agua, halogenados y químicos secos multipropósito.
-

- Los extintores para protección de riesgos Clase B, deben ser seleccionados entre los siguientes: película acuosa formadora de espuma (AFFF), película formadora de espuma de fluoroproteína (FFFP), dióxido de carbono, tipos de químico seco y agentes halogenados.
- Los extintores para protección de riesgos Clase C, deben ser seleccionados entre los siguientes: dióxido de carbono y químicos secos.
- Los extintores de dióxido de carbono equipados con cuernos de metal, no son considerados seguros para uso sobre incendios en equipo eléctrico energizado y, por consiguiente, no son clasificados para uso en riesgos Clase C.
- Los extintores y agentes extintores para la protección de riesgos Clase D, deben ser de los tipos aprobados para el uso en el riesgo específico del metal-combustible.

5.3.5.4 Distribución de Extintores

El número mínimo de extintores de incendio necesarios para proteger una propiedad, debe ser determinado a partir de la clasificación de riesgo. Con frecuencia, extintores adicionales pueden ser instalados para proporcionar una protección más adecuada. Los extintores que tengan clasificaciones menores a las especificadas en la normatividad, pueden ser instalados siempre y cuando no sean usados en cumplimiento de las exigencias de protección mínimas definidas. A continuación, se relacionan los aspectos que se deben tener en cuenta para la distribución de los extintores:

- Los extintores de incendio deben ser instalados para proteger tanto la estructura del edificio, si es combustible, como los riesgos de ocupación contenidos en ella.
 - La protección para el edificio requerida, debe ser proporcionada por extintores apropiados para incendios Clase A.
 - La protección para el riesgo de ocupación, debe ser proporcionada por extintores apropiados para incendios Clase A, B, C o D, en la medida en que estos riesgos puedan estar presentes.
 - Los extintores proporcionados para protección del edificio, pueden también ser considerados para la protección de la ocupación que tenga un potencial de incendio Clase A.
-

- Los edificios combustibles que tengan un riesgo de ocupación sometido a incendios Clase B y/o Clase C, deben tener un complemento de extintores Clase A para protección del edificio, además de los extintores para Clase B y/o Clase C adicionales. Cuando los extintores tengan más de una letra de clasificación (por ejemplo, 2-A:20-B:C), pueden ser considerados como satisfactorios para las exigencias de cada clase de letra. 3.1.3 Los salones o áreas deben ser clasificados generalmente como riesgos ligeros (bajos), ordinarios (moderados) o extra (altos). Las áreas limitadas de mayor o menor riesgo, deben ser protegidas en la medida de sus necesidades.
- En cada nivel de piso, el área protegida y las distancias de recorrido, están basadas sobre extintores instalados de acuerdo con las Tablas 20 y 21.

5.3.5.4.1 Tamaño y Colocación de Extintores de Incendio para Riesgos Clase A

Los tamaños mínimos de extintores de incendios para las clasificaciones de riesgos enumerados, se deben proporcionar sobre la base de la Tabla 25.

Los extintores deben ser localizados de tal manera, que las máximas distancias de recorrido no excedan las especificadas en la Tabla 25.

	Riesgo de ocupación ligero (bajo)	Riesgo de ocupación ordinario (moderado)	Riesgo de ocupación extra (alto)
Clasificación mínima del extintor	2-A***	2-A***	4-A*
Área máxima de piso por unidad de A	3 000 pies ²	1 500 pies ²	1 000 pies ²
Área máxima de piso por extintor	11 250 pies ^{2**}	11 250 pies ²	11 250 pies ^{2**}
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	75 pies	75 pies	75 pies

* Dos extintores del tipo de agua de 2,5 galones (9,46 L), pueden ser usados para cumplir las exigencias de un extintor clasificado 4-A.

** Véase el Apéndice E.3.3.

*** Hasta dos extintores del tipo de agua, cada uno con clasificación 1-A, pueden ser usados para cumplir con las exigencias de un extintor 2-A para riesgos de ocupación ligeros (bajo).

Para unidades SI: 1 pie = 0,305 m; 1 pie cuadrado = 0,092 9 m²

Tabla 26

Algunos extintores pequeños que son cargados con químico seco multipropósito, Halón 1211 o Halón 1211/1301, están calificados para incendios Clase B y Clase C, pero no tienen

suficiente efectividad para llegar al mínimo 1-A, aun cuando tengan utilidad en la extinción de incendios más pequeños Tipo A.

Hasta la mitad del complemento de los extintores especificados en la Tabla 25, puede ser reemplazada por estaciones de mangueras uniformemente espaciadas cada 1 1/2 pulgadas (3,81 cm), para uso por los ocupantes del edificio. Cuando las estaciones de mangueras son instaladas de esta manera, deben cumplir con NFPA 14, Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems. La localización de estas estaciones y la colocación de los extintores se debe hacer de manera tal, que las estaciones de mangueras no reemplacen más de un extintor. 3.2.3 Cuando el área del piso de un edificio sea inferior a la especificada en la Tabla 20, por lo menos un extintor del tamaño mínimo recomendado debe ser instalado.

Los requisitos de protección pueden ser cumplidos con extintores de mayor calificación, siempre y cuando la distancia de recorrido a ellos no exceda de 75 pies (22,7 m).

5.3.5.4.2 Tamaño y Colocación de Extintores para Incendios Clase B Diferentes de Incendios en Líquidos Inflamables de Apreciable Profundidad¹⁰

Los tamaños mínimos de extintores de incendio para las clasificaciones indicadas de riesgo, deben ser proporcionados con base en la Tabla 26. Los extintores deben ser localizados de manera que las distancias máximas de recorrido no excedan de las especificadas en la tabla utilizada.

Excepción: los extintores de menor categoría, recomendables para riesgos específicos pequeños dentro del área general de riesgo, pueden ser usados pero no deben ser considerados como que cumplen con ninguna parte de las exigencias de la Tabla 26.

Para cumplir con los requisitos de la Tabla 26, no deben utilizarse dos o más extintores de menor categoría.

Excepción 1. Hasta tres extintores AFFF o FFFP de por lo menos 2,5 galones (9,46 L) de capacidad, pueden ser usados para cumplir con las exigencias de riesgo extra (alto).

Excepción 2. Dos extintores AFFF o FFFP de por lo menos 1,5 galones (6 L) de capacidad, pueden ser utilizados para cumplir con las exigencias de riesgo ordinario (moderado).

¹⁰ Líquidos inflamables de apreciable profundidad son aquellos con una profundidad mayor de 1/4 de pulgada (0,64 mm).

Tipo de riesgo	Calificación mínima básica del extintor	Distancia máxima de recorrido hasta los extintores	
		Pies	Metros
Ligero (bajo)	5-B	30	9,15
	10-B	50	15,25
Ordinario (moderado)	10-B	30	9,15
	20-B	50	19,25
Extra (alto)	40-B	30	9,15
	80-B	50	15,25

Tabla 27

Notas:

- 1) Las calificaciones especificadas no significan que se presentarán incendios de las magnitudes indicadas, sino más bien que darán a los operados más tiempo y agente para manejar incendios difíciles que se puedan presentar.
- 2) Para incendios que involucren líquidos inflamables solubles en agua, véase el numeral 2.3.4. NTC 2885
- 3) Para aplicaciones en riesgos específicos, véase el numeral 2.3

Las exigencias de protección pueden ser cumplidas con extintores de mayor categoría, siempre y cuando la distancia de recorrido hasta ellos no exceda de 50 pies (15,25 m).

5.3.5.4.3 Tamaño y Colocación de Extintores para Incendios Clase B en Líquidos Inflamables de Apreciable Profundidad

Los extintores portátiles de incendio no deben ser instalados como única protección para riesgos de líquidos inflamables de apreciable profundidad cuando el área de superficie exceda de 10 pies² (0,93 m²). Excepción: cuando se disponga de personal entrenado en extinción de incendios en las áreas protegidas, o sus contrapartes, el área máxima de superficie no debe exceder de 20 pies² (1,86 m²). 3.4.2 Para riesgos de líquidos inflamables de apreciable profundidad, debe proporcionarse un extintor Clase B, sobre la base de por lo menos dos unidades numéricas de potencial de extinción Clase B por cada pie cuadrado (0,092 9 m²) de superficie líquida inflamable del área más grande de riesgo.

Excepción. Pueden instalarse extintores tipo AFFF o FFFP, sobre la base de 1-B de protección por pie cuadrado de riesgo. 3.4.3 Dos o más extintores de clasificaciones inferiores, no deben ser usados en lugar del extintor requerido para el área de riesgo más grande. Excepción. Hasta tres extintores AFFF o FFFP, pueden usarse para cumplir las exigencias, siempre y cuando la suma de las clasificaciones Clase B cumpla o exceda el valor requerido para el área de riesgo más grande.

Las distancias de recorrido para extintores portátiles, no deben exceder de 50 pies (15,25 m).

Los riesgos intercalados o ampliamente separados, deben ser protegidos individualmente. Un extintor en la proximidad de un riesgo, debe estar localizado cuidadosamente para que sea accesible en presencia de un incendio sin riesgo indebido para el operario.

5.3.5.4.4 Tamaño y Colocación de Extintores para Riesgos Clase C

Cuando pueda encontrarse equipo eléctrico energizado, que requiera un medio de extinción no conductivo, deben instalarse extintores con clasificación Clase C. La norma incluye el equipo que pueda estar comprometido directamente y el de los alrededores. Puesto que el incendio en sí mismo es riesgo Clase A o Clase B, los extintores deben tener el tamaño y localización sobre la base del riesgo anticipado, Clase A o Clase B. Nota: el equipo eléctrico debería ser desenergizado tan pronto como sea posible para evitar una nueva ignición.

5.3.5.4.5 Tamaño y Colocación de Extintores para Riesgos Clase D

3.6.1 Extintores o agentes extintores con clasificaciones Clase D, deben ser proporcionados para incendios que impliquen metales combustibles.

Los extintores o agentes extintores (medios) deben estar localizados a una distancia no mayor de 75 pies (23 m) de distancia de recorrido desde el riesgo clase D.

Los extintores portátiles o agentes extintores (medios) para riesgos Clase D, deben ser provistos para aquellas áreas de trabajo en donde se generen polvo de metales combustibles, escamas, viruta, astillas o productos de tamaño similar.

La determinación del tamaño se hará con base en el metal combustible específico, su tamaño físico de partícula, área a ser cubierta y recomendaciones del fabricante del extintor sobre datos a partir de ensayos de control practicados.

5.3.5.5 Calculo de Cantidad de Extintores Requeridos

A partir de la clasificación más pequeña para un extintor Clase A para una ocupación de riesgo moderado de la Tabla 27 es 2-A. Se multiplica la cantidad de la clasificación por la “superficie máxima por unidad de A”, la tabla señala la superficie máxima que un solo extintor puede proteger. Dado que la superficie máxima para el extintor más pequeño en una ocupación de riesgo leve es 3.000 pies cuadrados (278,7 metros cuadrados), la cobertura para un extintor de una clasificación de 2-A puede determinarse de la siguiente manera:

$$2 \times 3.000 \text{ ft}^2 = 6.000 \text{ ft}^2 (557 \text{ m}^2)/\text{extintor}$$

Categorización Clase A	Ocupación riesgo bajo	Ocupación riesgo ordinario	Ocupación riesgo extra
1A	--	--	--
2A	6 000	3 000	--
3A	9 000	4 500	--
4A	11 250	6 000	4 000
6A	11 250	9 000	6 000
10A	11 250	11 250	10 000
20A	11 250	11 250	11 250
30A	11 250	11 250	11 250
40A	11 250	11 250	11 250

Para unidades SI: $1 \text{ pie}^2 = 0,0929 \text{ m}^2$

Nota. Se considera que 11 250 es un límite práctico

Tabla 28. Área máxima a ser protegida por un extintor, pies cuadrados

La cantidad de extintores requeridos para el proyecto son:

- Área la planta: 490.667 m^2
- Área de por cobertura por extintor (2A) = 557 m^2 (6.000 ft^2) /extintor

$$\text{No. de Extintores} = 490.667 \text{ m}^2 / 557 \text{ m}^2 = 0.88 \approx 1 \text{ Extintor Clase 2A}$$

6. VOLUMEN TOTAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El volumen total requerido por el proyecto se presenta en la siguiente tabla.

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO TOTAL	
Volumen de agua requerido red hidráulica	5.6 m^3
Volumen de agua requerido red contra incendio	11.36 m^3
Volumen total requerido	16.96 m^3

Para el volumen de almacenamiento estimado en 17 m^3 , se proyecta un tanque con una sección de $2.95 \text{ m} \times 2.95 \text{ m}$ con una profundidad de 2m.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

El diseño de las redes hidráulicas, sanitarias, pluviales y contra incendios fue elaborado conforme a la normativa colombiana (NTC 1500, RAS, NSR-10) y estándares internacionales como NFPA 13, 14 y 20.

Se utilizó el método de Roy B. Hunter para estimar la demanda de consumo de agua potable, considerando el número y tipo de aparatos sanitarios.

Se calculó el sistema de presión y bombeo necesario para garantizar un suministro eficiente, incluyendo las pérdidas por fricción y accesorios.

El sistema de aguas residuales se diseñó mediante una red de cajas de inspección y tanque séptico, complementado con pozo de absorción, adecuado para zonas rurales sin alcantarillado.

Se contempló un sistema de red contra incendios con gabinetes, sistema de bombeo y extintores distribuidos según los riesgos identificados.

RECOMENDACIONES.

Realizar mantenimiento preventivo periódico al tanque séptico y pozo de absorción para asegurar su funcionamiento a largo plazo.

Se sugiere instalar medidores de presión en puntos estratégicos para validar la eficiencia del sistema de bombeo y detectar posibles fugas o pérdidas.

Garantizar la correcta instalación y sellado de las tuberías para evitar filtraciones y posibles contaminaciones.

Instruir al personal sobre el uso adecuado de los sistemas contra incendios, así como asegurar la recarga y ubicación adecuada de los extintores según el tipo de riesgo.

En futuras ampliaciones o modificaciones, recalcular caudales y presiones para que el sistema mantenga su funcionalidad y eficiencia.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo. **LUIS ANGEL AVILES MURCIA** Identificado con cédula de Ciudadanía No 1118816667 de Riohacha - La Guajira, INGENIERO CIVIL, con matrícula profesional N° 08202213505 ATL certifico que he participado en la formulación del proyecto "IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y SUS SUBPRODUCTOS PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS DE LA CANASTA FAMILIAR EN LAS COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SIPÍ, CHOCÓ" identificado con BPIN 20251301010185, para el cual elaboré los siguientes productos:

o Memoria de Cálculo de red hidráulica y sanitaria.

Declaro que dichos estudios se realizaron de acuerdo con las normas colombianas vigentes y que me responsabilizo por los daños y perjuicios que de ellos pudieren derivarse. Aclaro que me hago responsable por los estudios, siempre y cuando en la obra se hayan seguido al pie de la letra las recomendaciones suscritas, cualquier variación o modificación debe notificárseme de inmediato. No siendo más la razón de la presente,



LUIS ANGEL AVILES MURCIA

Ing Civil

MP 08202-213505
