DISEÑO DE REDES HIDRAULICAS, SANITARIAS, AGUAS LLUVIA Y RED CONTRA INCENDIO.

NOMBRE DEL PROYECTO:

"DISEÑOS HIDROSANITARIOS COMPLEJO CASA DE LA CULTURA – MUNICIPIO DE SAHAGUN"

DISEÑÓ:

JAVIER EDUARDO MARTINEZ MONTIEL

Ingeniero sanitario

Especialista en Ingenieria Ambiental

Sahagún-Córdoba. DICIEMBRE - 2020

CONTENIDO

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO. 6

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE 6

1.1.1 OBJETIVO GENERAL. 6

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS. 6

1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO 7

1.2.1 Características: 7

1.3 NORMATIVIDAD APLICABLE. 8

2. DISEÑO DE AGUA POTABLE 9

2.1. CÁLCULOS 9

1.3.1 CALCULO DE UNIDADES Y CAUDALES 9

1.3.2 CALCULO DE DIAMETROS, VELOCIDADES, PÉRDIDAS Y PRESIONES. 10

2.2. MEMORIA DE CÁLCULO 12

1.3.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD MINIMA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO 14

3. DISEÑO SANITARIO 30

3.1. CALCULO DE UNIDADES Y CAUDALES DE DISEÑO 30

4. SISTEMA DE VENTILACION 32

5. DISEÑO RED DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIA 34

5.1. CALCULO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO. 38

1.3.4 Obtención curva IDF, cálculo de la precipitación y tormenta de diseño. 38

6. PRINCIPIOS BASICOS DE UN PROGRAMA DE PROTECCIÓN CONTRA 42

6.1. EL PROBLEMA DEL FUEGO Y DE LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 42

6.2. OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS 42

6.3. SISTEMAS DE ROCIADORES Y LAS ALARMAS DE FLUJO DE AGUA 43

1.3.5 Alarmas de flujo de agua. Un equipo de alarma de flujo debe cumplir las siguientes funciones básicas: 43

1.3.6 Clasificación de alarmas. 43

6.4. EL AGUA EN LA LUCHA CONTRA EL FUEGO 44

1.3.7 Extinción por enfriamiento. 44

1.3.8 Extinción por sofocación. 44

6.5. Uso del agua en riesgos especiales 44

1.3.9 Incendios de productos químicos. 44

1.3.10 Metales combustibles. 45

1.3.11 Incendio de gases. 45

1.3.12 Incendios de líquidos inflamables y combustibles. 45

6.6. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO 45

1.3.13 Clasificación del riesgo según NFPA 13. 46
6.7. FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS EN LA PROTECCIÓN CONTRA 51
6.8. PROPIEDADES DEL AGUA 51
1.3.14 Densidad. 51
1.3.15 Viscosidad. 53
1.3.16 PRESIÓN 54
1.3.17 FUENTES DE PRESIÓN 56
1.3.18 TEOREMA DE BERNOULLI 56
1.3.19 CAUDAL DE AGUA EN LAS TUBERIAS 57
6.9. PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA 58
1.3.20 Fórmula de Darcy – Weisbach 58
1.3.21 Tablas de pérdidas por fricción 61
6.10. CÁLCULO DE LA RED CONTRA INCENDIO 61
1.3.22 Métodos de cálculo. 61
6.10.1.1. Método de Área – Densidad. 61
6.10.1.2. Método de diseño por sala. 61
6.10.1.3. Método para rociadores CMSA. 62
6.10.1.4. Método para rociadores ESFR. 62
6.10.1.5. Sistema de rejillas. 62
1.3.23 Pre-dimensionamiento de la red. 62
1.3.24 Procedimiento para el cálculo de la red. 63
6.10.3.1. Verificar caudales. 63
6.10.3.2. Ruta crítica hidráulicamente. 63
6.10.3.3. Numeración de nodos según la ruta crítica. 63
6.10.3.4. Cálculos de la red. 63
6.10.3.5. Cálculo del equipo de bombeo. 64
6.11 MATERIALES 66
6.12 ROCIADORES 67
1.3.25 Tipo de rociadores. 68
6.12.1 Presión mínima y caudal requerido. 70
6.13 GABINETES 71
Sistema clase II 72
6.13.1 PRESIÓN MINIMA Y CAUDAL REQUERIDO 73
6.14 BOMBAS 73
6.14.1 Capacidad de la bomba. 74
6.15 DISEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 76
6.15.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO 76
6.15.2 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO 77
6.15.3 TRAZADO DE LA RED 77
6.15.3.1 Ubicación de rociadores. 78
6.15.3.2 Ubicación de gabinetes. 78
6.15.3.3 Ubicación de zona de reunión. 78
6.15.3.4 Ubicación del cuarto de equipos. 78
6.15.4 CRITERIOS PARA EL DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED 79

6.15.5 CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DE LAS REDES. 80

6.16 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE TUBERÍAS. 81

7 BIBLIOGRAFIA *83*

TABLAS

Tabla 1 Unidades de Consumo por aparato sanitario. Tomado de NTC 1500 2da Edición 9

Tabla 2 Caudales y presiones mínimas de operación para aparatos sanitarios. Tomado de NTC 1500 11

Tabla 3 Longitudes equivalentes por accesorios 11

Tabla 4 Tabla para el calculo de consumos para dimensionar tanques de almacenamiento. Fuente: NTC 1500 15

Tabla 5 Calculo tubería de acometida y de rebose. 19

Tabla 6 Unidades de desagüe de aparatos sanitarios. Tomado de NTC 1500 2da edición 30

Tabla 7 Carga máxima y longitud máxima de tubería de desagüe. Tomado de NTC 1500 2da edición 32

Tabla 8 Diámetros mínimos para ventilación individual. Tomado de NTC 1500 ... 32

Tabla 9 Diámetros y longitud máxima de circuitos de ventilación. Tomado de NTC 15000 32

Tabla 10 Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvia. Tomado de NTC 1500 34

Tabla 11 Definición de las dimensiones de tubería horizontal de agua lluvia. Tomado de NTC 35

Tabla 12 Máximas precipitaciones anuales. 38

Tabla 13 Determinación de variables probabilísticas. 40

Tabla 14 Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas 41

Tabla 15 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias ...41

Tabla 16 Grupos y sub grupos de ocupación. 46

Tabla 17 **Sistema de protección contra incendio según la ocupación.** 47

Tabla 18 Clasificación del riesgo según NFPA 13. 49

Tabla 19 Clasificación del riesgo según NFPA 13. (Continuación) 50
Tabla 20 Propiedades físicas del agua..... 53
Tabla 21 Coeficiente de perdidas menores. 60
Tabla 22 Coeficiente de perdidas menores. (Continuación) 60
Tabla 23 Valores Constantes. 61
Tabla 24 Tuberías para riesgo leve 62
Tabla 25 Norma según el material. 66
Tabla 26 Especificación de lo rociadores. 67
Tabla 27 Requisitos de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores 71
Tabla 28Requ isitos de abastecimiento de agua para sistemas de gabinetes..... 73
Tabla 29 Capacidades de bombas. 75
Tabla 30 Diámetro de tuberías para bombas. 75

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Planta de los bloques que conformarán el complejo casa de la cultura en el municipio de Sahagún. 7
Ilustración 2Densidad VS Área 71

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente documento corresponde al diseño de las Instalaciones hidráulicas, sanitarias y de aguas lluvia, y red contra incendio encaminados a la CONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO CASA DE LA CULTURA - DEL MUNICIPIO DE SAHAGÚN DEPARTAMENTO DE CORDOBA, Los cálculos y diseños realizados cumplen con todos los criterios básicos y requisitos mínimos establecidos por el reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, la NTC 1550, el código nacional de fontanería, Normas Icontec NTC y La empresa prestadora del servicio municipal.

1.1.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diseños de las redes hidráulicas, sanitarias y de aguas lluvia para el proyecto cuyo objeto es la construcción de de la Casa de la Cultura en el municipio de SAHAGÚN, en el departamento del Córdoba.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- *Determinar los diámetros de la red de agua potable trazada para los espacios establecidos en el Casa de la Cultura en sus dos bloques, en el municipio de SAHAGÚN, departamento del córdoba.*
- *Establecer la forma de distribución de agua potable para las instalaciones hidráulicas de la Casa de la Cultura.*
- *Dimensionar el volumen mínimo del tanque de almacenamiento para suplir las necesidades de la red hidráulica.*
- *Determinar la potencia requerida de las bombas, así como los diámetros de succión e impulsión.*
- *Determinar diámetros y dimensiones de colectores de aguas negras y de ventilación.*
- *Realizar el trazado y el cálculo de diámetros para la red sanitaria externa desde los registros de captación de aguas negras hasta el punto de descarga de la red municipal.*
- *Establecer y dimensionar hidráulicamente las estructuras para el manejo de las escorrentías superficiales.*
- *Determinar para la RCI de acuerdo a la ocupación y el nivel de riesgo del proyecto, el sistema a emplear para el diseño, elementos y accesorios.*
- *Establecer para la RCI las áreas más susceptibles y vulnerables a este tipo de incidente.*
- *Hacer el trazado de la red contra incendio del proyecto: COMPLEJO CASA DE LA CULTURA DEL MUNICIPIO DE SAHAGÚN DEPARTAMENTO DE cORDOBA, con*

la base a las normas técnicas vigentes.

- *Hacer los cálculos de los caudales de paso y presiones en cada ramal, y con ello determinar los diámetros necesarios para suplir la demanda.*
- *Calcular la potencia del sistema de bombeo al igual que la capacidad que debe poseer el tanque del abastecimiento o fuente de suministro de agua.*

1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

Los diseños incluyen planos, memorias de cálculo y especificaciones de materiales para el sistema de red hidráulica, red desagüe de aguas negras, red de aguas lluvias y Red contra Incendios.

1.2.1 Características:

El proyecto contempla la construcción del complejo Casa de la Cultura en el municipio de SAHAGÚN, en el departamento del Córdoba. Conformado por zonas designadas para: oficinas, bliblioteca, salones de enseñanza, auditoriosalas de espera, áreas verdes y de circulación.

Ilustración 1 Planta de los bloques que conformarán el complejo casa de la cultura en el municipio de Sahagún.



La fuente de abastecimiento de agua potable será un tanque subterráneo, la cual será llenado por la red domiciliaria, esta alimentará a la red de acueducto mediante un hidroflo.

El sitio de descarga de las aguas negras será la red de alcantarillado municipal, mediante una tubería de 6" en PVC Perfilada.

El sitio de descarga final de las aguas lluvias será al canal posterior al complejo del presente proyecto, esto a través de un sistema de una tubería de 4" que serán conducidas por bajante, por colectores horizontales y canales en concreto. Las aguas lluvias serán captadas por la misma cubierta y sus canales laterales.

1.3 NORMATIVIDAD APLICABLE.

- *REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO, RAS 2000, RESOLUCION 0330 DE 2017:*
- *Sección II - Título B: Sistema de Acueducto.*
- *Sección II - Título D: Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.*
- *CODIGO COLOMBIANO DE FONTANERIA: Norma Técnica Colombiana NTC 1500.*

- *REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO, RAS 2000, RESOLUCION 0330 DE 2017:*
- *Sección II - Título B: Sistema de Acueducto.*
- *Sección II - Título D: Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.*
- *La NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS Tercera Actualización 2017-08-23.*
- *Estándar ANSI/ISEA Z358.1-2014.(DUCHAS DE EMERGENCIA*

2. DISEÑO DE AGUA POTABLE

El sistema de distribución del suministro de agua para las distintas zonas del proyecto del Casa de la Cultura debe diseñarse de manera que abastezca los aparatos y equipos con la mínima cantidad de agua necesaria para obtener un funcionamiento que satisfaga los requisitos de salubridad con presiones y velocidades adecuadas.

Las redes se diseñarán buscando la ruta más corta y logrando una distribución uniforme de las presiones, pues ello contribuye a una óptima presurización de las instalaciones. La velocidad máxima de diseño debe ser de 2 m/s para tubería de diámetro inferior a 76,2 mm; para diámetros de 76,2 mm o mayores, la velocidad máxima debe ser de 2,50 m/s.

La tubería de suministro para los aparatos y equipos que pertenecen a un mismo conjunto sanitario estará equipada con una o más válvulas para cerrar el suministro de agua a los aparatos y equipos individuales o al conjunto sanitario servido, sin interferir el suministro a otros conjuntos sanitarios.

2.1. CÁLCULOS

1.3.1 CALCULO DE UNIDADES Y CAUDALES

Los caudales se calculan mediante el ¨ **Método de diseño hidráulico Roy B. Hunter**, que adopta el sistema de ¨Unidades de Accesorio ¨, estas unidades producen un caudal máximo probable, que luego permitirá seleccionar el diámetro adecuado para la tubería, en sus diferentes tramos. Las unidades con que se trabajara serán las determinadas por la NTC 1500 (tabla 8).

Tabla 1 Unidades de Consumo por aparato sanitario. Tomado de NTC 1500 2da Edición

Aparatos	Ocupación	Tipo de control del suministro	Unidades de consumo
Inodoro	Público	Fluxómetro	10
Inodoro	Público	Tanque de limpieza	5
Orinal	Público	Fluxómetro de Φ = 2,5 cm	10
Orinal	Público	Fluxómetro de Φ = 2,0 cm	5
Orinal	Público	Llave	2
Lavamanos	Público	Llave	4
Tina	Público	Válvula mezcladora	4
Ducha	Público	Válvula mezcladora	4
Fregadero de servicio	Público	Llave	2
Fregadero de cocina	Hotel, restaurante	Llave	4
Inodoro	Privado	Fluxómetro	6
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3
Lavamanos	Privado	Llave	1
Bidé	Privado	Válvula mezcladora	2
Tina	Privado	Válvula mezcladora	2
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
Lavadero de 1 a 3 compartimientos	Privado	Llave	3
Lavadora	Privado	Llave	2
	Pública	Llave	4
Lavaplatos eléctricos	Privado	Llave	3
	Público	Llave	6

1) Los valores de unidades relacionados representan la carga total para el sistema de abastecimiento de agua. Los valores individuales tanto para agua fría como para agua caliente en aparatos que incluyan las dos conexiones se debe tomar como ¾ del valor total relacionado para el aparato.

1.3.2 CALCULO DE DIAMETROS, VELOCIDADES, PÉRDIDAS Y PRESIONES.

La red se diseñará, escogiendo diámetros para los caudales calculados mediante el ¨ **Método de diseño hidráulico Roy B. Hunter**, que adopta el sistema de ¨ Unidades de Accesorio ¨, están unidades producen un caudal máximo probable, sustentado por este método, teniendo en cuenta este caudal y la velocidad que genera, se calcula por medio de la fórmula de Hazen Williams un porcentaje de pérdidas por metro lineal de que es multiplicado por la longitud de tubería. Para las pérdidas producidas por los accesorios, se utiliza el método de longitudes equivalentes, estas longitudes son sumadas a las longitudes de tubería, obteniendo las pérdidas totales producidas.

Ecuación para el cálculo de perdidas

$$h = \frac{3x10^{-5}}{xLxQ^{1,85}}$$

H= metro de pérdida en columna de agua L=longitud de tubería en metro.

Q=caudal en litros/seg. D=diámetro interno en metros.

C=constante de fricción de hazen-Williams (para pvc = 145)

Se realiza el dimensionado (cálculo de diámetros en tuberías) de acuerdo a dos criterios: En Función de una Velocidad de Diseño (el criterio de mayor uso en la práctica) y en Función de una Pérdida de Carga Unitaria. Para efectos del presente proyecto, se optó por calcular en función de una velocidad de diseño de 2.0m/s.

Se propone el cálculo de Pérdidas en Tuberías a través de dos variantes del método de la longitud equivalente: Estableciendo un porcentaje de incremento sobre las longitudes reales de tubería o definiendo, para cada accesorio a instalar en cada tramo de tubería, la Longitud equivalente a partir de la tabla de Longitudes Equivalentes del Proyecto. Las presiones mínimas para cada uno de los aparatos sanitarios se tomarán de la norma NTC 1500

Tabla 2 Caudales y presiones mínimas de operación para aparatos sanitarios. Tomado de NTC 1500

Aparato sanitario	Presión residual mínima en kPa[1]	Caudal mínimo en L/s
Duchas	10	0,32
Sanitario tanque	7	0,19
Sanitario fluxómetro	15	0,95 a 2,5 [2]
Orinal	5	0,19
Orinal fluxómetro	15	0,95
Lavamanos	5	0,19
Vertederos o lavaplatos	5	0,28
Lavadoras	5	0,32
Llaves de manguera	5	0,32

1) La presión residual mínima es la presión en la tubería a la entrada del aparato que se esté considerando.

2) Se presenta un amplio rango de variación debido a los diferentes tipos y diseños de válvulas de fluxómetro para sanitario.

Tabla 3 Longitudes equivalentes por accesorios

Descripción	Accesorio\DN	DN 0.50	DN 0.75	DN 1.00	DN 1.50	DN 2.00	DN 2.50	DN 3.00	DN 4.00
Codo 90° Normal		0.46	0.64	0.85	1.34	1.68	2.14	2.47	3.46
Tee Flujo Normal		0.34	0.40	0.52	0.85	1.07	1.31	1.56	2.14
Tee Flujo Invertido		1.01	1.37	1.77	2.75	3.66	4.28	4.88	6.70
Codo 45°		0.25	0.31	0.38	0.61	0.79	0.92	1.15	1.53
Reducción		0.18	0.24	0.31	0.46	0.58	0.73	0.85	1.16

Descripción	Accesorio\DN	DN 0.50	DN 0.75	DN 1.00	DN 1.50	DN 2.00	DN 2.50	DN 3.00	DN 4.00
Llave de Compuerta		0.11	0.15	0.16	0.27	0.37	0.43	0.52	0.74
Válvula de Retención		1.63	2.43	3.23	4.83	6.43	8.03	9.63	12.83
Llave de Bola		0.11	0.15	0.16	0.27	0.37	0.43	0.52	0.74
Llave de Ángulo		2.60	3.66	4.50	6.70	8.85	10.10	12.80	17.70
Válvula de Globo		4.80	6.70	8.80	13.70	17.70	21.40	24.70	36.60

2.2. MEMORIA DE CÁLCULO

En función del cálculo realizado y de las restricciones de operación de las distintas piezas sanitarias en la Instalación, la presión exacta requerida en el punto de alimentación de la red (tanto a nivel de cada instalación como a nivel del punto de alimentación del Montante de Distribución). Aun así, cuando no se está en la fase del Diseño de Instalaciones Sanitarias, es posible también determinar las presiones en las distintas piezas para una presión especificada por el usuario en dicho punto de alimentación (Modo de Cálculo). El sistema se trabaja con hasta cuatro series definidas por el diseñador en los planos trazados, donde los puntos de la red hidráulica serán alimentados gravedad por un conjunto de tanques elevados. Los diseños se encuentran en el anexo 1.

Las series son alimentadas directamente por un Sistema hidroneumatico. la presión necesaria, los diámetros, así como el cálculo de la potencia de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

1	EQUIPO DE BOMBEO	

Caudal Total	5,82	L/s
Numero de Bombas en Paralelo	1	Unidad
Caudal por Bomba	5,83	L/s
CAUDAL (Q) :	92,42	gpm

Presión requerida en la Red:	20,00	m.c.a
Perdidas entrada en la succión:	1,00	m.c.a
Longitud tuberia de succion:	5,00	m
Longitud equivalentes por Accesorios :	2,00	m.c.a
Longitud Total :	7,00	m.c.a

Para Diametro (D): 3 Pulg

Luego:

Coeficiente de Rugosidad (C):	0,00012	PVC	

Velocidad (V) =	1,32	m/s	0.60 m/s< V<2 m/s
Perdidas por fricción (Js) =	0,0199	m/m	
Perdidas en la Tuberia (L x Js) =	0,14	m	

Cabeza Dinamica Total (C.D.T): **28,00** m

$$POTENCIA = \frac{Q \times Y \times CDT}{76 \times n}$$

Eficiencia (n):	72	%
Peso especifico del agua (Y):	1,0	Kg/l
Potencia (P):	2,98	Hp
Potencia de Diseño:	**3,00**	**Hp**

2 VOLUMEN TANQUE HIDROACUMULADOR

Presión mínima absoluta (P2):	20,00	m.c.a	=	1,936	atm
Presión máxima absoluta (P1):	35,49	m.c.a	=	3,436	atm
Fracción útil del tanque (K):	0,90	Donde (0.7<K<0.9)			
Tiempo entre arranque de la bomba (T):	1,2	Minutos			
Número de arranque por hora (Nc):	50	Veces Por Hora			
Volumen del Tanque Hidroacumulador:	267,11	Litros	~	**300**	**Litros**

1.3.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD MINIMA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La acometida del tanque se debe calcular para un tiempo de llenado no mayor a 12 h.

Los tanques de almacenamiento de agua potable deben estar debidamente protegidos, ser herméticos e impermeables y estar provistos de ventilación. El área mínima de la conexión de ventilación debe ser mayor o igual a cuatro veces el área de la conexión de la acometida.

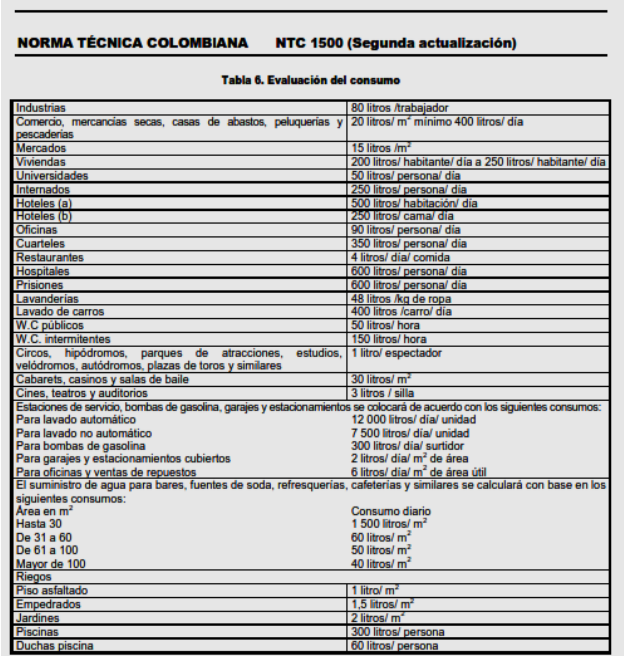
Todos los tanques de almacenamiento deben tener un borde libre mínimo de 0,20 m y deben estar provistos de tubos de rebose debidamente protegidos y colocados a una distancia no menor de 150 mm sobre el nivel máximo de la lámina de agua. El área mínima de la conexión de rebose será mayor o igual a dos veces el área de la conexión de la acometida.

Todos los tanques de almacenamiento deben disponer de un sistema de limpieza.

Todos los tanques fabricados in situ deben construirse con una ventana para su fácil inspección, que permita el acceso del personal de mantenimiento. Si está dotado de un equipo de bomba debe construirse un cárcamo que permita la instalación adecuada de las conexiones de succión del equipo.

Los tanques deben estar provistos de superficies esmaltadas y sus aristas deben ser remachadas en chaflán o media caña, no se deben utilizar baldosín cerámico.

Tabla 4 Tabla para el calculo de consumos para dimensionar tanques de almacenamiento. Fuente: NTC



NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1500 (Segunda actualización)

Tabla 6. Evaluación del consumo

Industrias	80 litros /trabajador
Comercio, mercancías secas, casas de abastos, peluquerías y pescaderías	20 litros/ m^2 mínimo 400 litros/ día
Mercados	15 litros /m^2
Viviendas	200 litros/ habitante/ día a 250 litros/ habitante/ día
Universidades	50 litros/ persona/ día
Internados	250 litros/ persona/ día
Hoteles (a)	500 litros/ habitación/ día
Hoteles (b)	250 litros/ cama/ día
Oficinas	90 litros/ persona/ día
Cuarteles	350 litros/ persona/ día
Restaurantes	4 litros/ día/ comida
Hospitales	600 litros/ persona/ día
Prisiones	600 litros/ persona/ día
Lavanderías	48 litros /kg de ropa
Lavado de carros	400 litros /carro/ día
W.C públicos	50 litros/ hora
W.C. intermitentes	150 litros/ hora
Circos, hipódromos, parques de atracciones, estudios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares	1 litro/ espectador
Cabarets, casinos y salas de baile	30 litros/ m^2
Cines, teatros y auditorios	3 litros / silla
Estaciones de servicio, bombas de gasolina, garajes y estacionamientos se colocará de acuerdo con los siguientes consumos:	
Para lavado automático	12 000 litros/ día/ unidad
Para lavado no automático	7 500 litros/ día/ unidad
Para bombas de gasolina	300 litros/ día/ surtidor
Para garajes y estacionamientos cubiertos	2 litros/ día/ m^2 de área
Para oficinas y ventas de repuestos	6 litros/ día/ m^2 de área útil
El suministro de agua para bares, fuentes de soda, refresquerías, cafeterías y similares se calculará con base en los siguientes consumos:	
Área en m^2	Consumo diario
Hasta 30	1 500 litros/ m^2
De 31 a 60	60 litros/ m^2
De 61 a 100	50 litros/ m^2
Mayor de 100	40 litros/ m^2
Riegos	
Piso asfaltado	1 litro/ m^2
Empedrados	1,5 litros/ m^2
Jardines	2 litros/ m^2
Piscinas	300 litros/ persona
Duchas piscina	60 litros/ persona

1500

Tabla 4: Calculo de capacidad de tanque bajo.

1	CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	

Evaluacion de consumo por cama (RES 4445/96 - ART 16) = =	50	Lts/silla/Dia
Numero de Sillas =	440	
Indice de ocupación de la edificación =	100%	
CONSUMO PARA UN DÍA DE ALMACENAMIENTO=	22000	Lts/dia
VOLUMEN DE DISEÑO TANQUE BAJO(100% Total Consumo) =	22	m3

2	CALCULO VOLUMEN ALMACENAMIENTO TANQUE DE RESERVA SUBTERRÁNEO	

DÍAS DE RESERVA DEL TANQUE SUBTERRÁNEO =	1	dias
VOLUMEN AGUA POTABLE TANQUE BAJO PARA UN DÍA (100% Total Consumo) =	22	m3
VOLUMEN TOTAL TANQUE SUBTERRÁNEO PARA DOS DIAS=	44	m3
ÁREA REQUERIDA CON PROFUNDIDAD DEL TANQUE DE 2 m	22	m2

3	CALCULO ACOMETIDA AL TANQUE DE RESERVA SUBTERRÁNEO	

TIEMPO DE LLENADO = 4,0 Horas

TIEMPO DE LLENADO = 14400 Segundos

CAUDAL (Q) = VOLUMEN TANQUE / TIEMPO DE LLENADO = 1,53 Lts/s 5,508

LONGITUD ACOMETIDA = 55,0 mt

PRESION EN LA RED = 10,0 m.c.a

PERDIDA UNITARIA (J) = 0,12 m/m

C = 0,0001 PVC

$$\phi = \left(\frac{6.1 x C x Q^{1.75}}{J} \right)^{0.21}$$

= 0,030 mt

= 1,199 pulg

PARA D (PULG)= 1

DIAMETRO INTERNO = 1,12 pulg

VELOCIDAD (V) = 3,02 m/s No cumple V<2m/s

PARA D (PULG)= 2

DIAMETRO INTERNO = 2,15 pulg

VELOCIDAD (V) = 0,8 m/s OK(V < 2m/s). NTC 1500 - 6.9.2

SE SOLICITA ACOMETIDA EN ø2"

Para suplir la demanda de agua del Complejo Casa de la Cultura se debe tener un tanque de almacenamiento para suministro de las redes hidráulica con una capacidad mínima de **44 m3,** con ello debemos considerar el volumen de la red contra incendio que es **28 m3,**

La acometida del tanque se debe calcular para un tiempo de llenado no mayor a 12 horas.

Tabla 5 Calculo tubería de acometida y de rebose.

CALCULO METODO RACIONAL					
Escenario =	Escuelas		Volumen sup =	0
Edificacion Tipo =	Comercial		Volumen inf =	43,39
m³/am³umno/día =	0,0500		Geometria	Rectangular
N. Aparatos n=	68		*# Tanques*	*1*
N. Corregido Aparatos ni =	60,6		*Largo (m) =*	*4,2*
N. Total Apartamentos N=	1		*Ancho (m) =*	*4,2*
Numero de Torres =	1		*Altura (m)=*	*2,5*
K_1 =	0,122169444			
K_{1-1}=	0,12953194		*Volumen (m³) =*	*44,1*
K_2 =	1		*Vol Infe. Total (m³)=*	*44,1*
Numero de Alumnos	300,00			Ok
Q (l/s) posible=	12,6			
CDT (m3/día)=	0,05			
Q i (l/s) =	12,600			
Volumen Almacenamiento (m³) =	15,00			
Riesgo Mas alto en Ocupación =	Leve			
Es posible la reducción del área de diseño para el riesgo =	SI			
Bomberos Proveerá el bombeo para sus Redes =	NO			
Caudal Mangueras (GPM)=	100			
Tiempo mínimo de Retención (min) =	30			
Se instalaran Rociadores en el Area de diseño=	SI			
Densidad Aplicación (Gpm/Pie²)=	0,1			
Área de Diseño (Pie²) =	1500			
Rociadores Respuesta Rápida =	SI			
Altura máxima para el Riesgo (m)=	3			
Altura máxima para el Riesgo (Pies)=	9,84			
% Reducción =	40,0			
Área de Diseño Recalculada (Pie²) =	1500,00			
Caudal Rociadores (GPM)=	150,00			
Caudal Sistema (GPM) =	250,00			
Volumen Almacenamiento (G) =	7500,00			
Volumen Almacenamiento (m³) =	28,39			

El tanque de almacenamiento de agua potable deben estar debidamente protegido, ser herméticos e impermeables y estar provistos de ventilación. El área mínima de la conexión de ventilación debe ser mayor o igual a cuatro veces el área de la conexión de la acometida. Todos los tanques de almacenamiento deben tener un borde libre mínimo de 0,20 m y deben estar provistos de tubos de rebose debidamente protegidos y colocados a una distancia no menor de 150 mm sobre el nivel máximo de la lámina de agua. El área mínima de la conexión de rebose será mayor o igual a dos veces el área de la conexión de la acometida.

Todos los tanques de almacenamiento deben disponer de un sistema de limpieza. Todos los tanques fabricados in situ deben construirse con una ventana para su fácil inspección, que permita el acceso del personal de mantenimiento. Si está dotado de un equipo de bomba debe construirse un cárcamo que permita la instalación adecuada de las conexiones de succión del equipo. Los tanques deben estar provistos de superficies

esmaltadas y sus aristas deben ser remachadas en chaflán o media caña, no se deben utilizar baldosín cerámico.

3. DISEÑO SANITARIO

El sistema de desagüe para aguas negras debe diseñarse de manera que evacue los caudales generados por los aparatos sanitarios, manteniendo una velocidad mínima de 0.6m/seg, y que la tubería trabaje a una altura no mayor a 0.75 de su diámetro.

3.1. CALCULO DE UNIDADES Y CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales se calculan mediante el ¨ **Método de diseño hidráulico Roy B. Hunter**, que adopta el sistema de ¨Unidades de Accesorio ¨, estas unidades producen un caudal máximo probable, sustentado por este método. Las unidades con que se trabajara serán las determinadas por la NTC 1500 ,para desagüe de aparatos sanitarios.

Esta norma establece diámetros mínimos, para determinado número total de unidades de aparato para desagüe de los aparatos conectados a una red.

Tabla 6 Unidades de desagüe de aparatos sanitarios. Tomado de NTC 1500 2da edición

Aparatos	Ocupación	Tipo de control del suministro	Unidades de descarga	Diámetro de la tubería de desagüe, mm (pulgadas)
Inodoro	Público	Fluxómetro	10	102 (4)
Inodoro	Público	Tanque de limpieza	5	102 (4)
Orinal	Público	Fluxómetro de Φ = 25,4 mm (1 pulgada)	10	51 (2)
Orinal	Público	Fluxómetro de Φ = 19,0 mm (3/4 de pulgada)	5	51 (2)
Orinal	Público	Tanque de limpieza	3	51 (2)
Orinal	Público	Llave	2	51 (2)
Lavamanos	Público	Llave	4	51 (2)
Tina / Ducha	Público	Válvula mezcladora	4	51 (2)
Fregadero de servicio	Oficial, etc.	Llave	3	51 (2)
Fregadero de cocina	Hotel, restaurante	Llave	4	51 (2)
Inodoro	Privado	Fluxómetro	6	102 (4)
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3	102 (4)
Lavamanos	Privado	Llave	1	51 (2)
Bidé	Privado	Llave	1	51 (2)
Tina	Privado	Llave	2	51 (2)
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2	51 (2)
Cuarto de baño	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8	
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2	51 (2)
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2	51 (2)
Lavadero de 1 a 3 compartimientos	Privado	Llave	3	51 (2)
Lavadora	Privado	Llave	2	
Lavadora	Pública	Llave	4	
Combinación de accesorios	Privado	Llave	3	
Poceta de aseo	Pública	Llave	3	
Lavaplatos eléctricos	Público/Privado	Llave	3 / 6	
Sifones de piso			1	51 (2)

Tabla 7 Carga máxima y longitud máxima de tubería de desagüe. Tomado de NTC 1500 2da edición

Diámetro 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[2]	16	32	48	256	1 380	3 600	5 600	8 400
Horizontal	1	8	14	35	216[3]	720[3]	2 640[3]	4 680[3]	8 200[3]
Longitud máxima									
Tubería de desagüe vertical, metros	65	85	148	212	300	510	750		
Horizontal (no limitada)									

1) Se excluye el brazo del sifón

2) Excepto fregaderos, orinales, máquinas lavaplatos

3) Basado en una pendiente de 21 mm/m. Para una pendiente de 10 mm/m, multiplique las unidades horizontales de aparatos sanitarios por un factor de 0,8.

El procedimiento de cálculo consiste en definir diferentes redes de recolección de aguas servidas asignadas a diferentes RAMALES O COLECTORES dentro de la edificación. Así el diseño del colector se basará en el total de Unidades de Descarga drenadas por él para las instalaciones especificadas.

Definidos los colectores para el caso, dado que se trabajará en un solo nivel, estos se encargarán de captar las aguas de las instalaciones de desagües. El diseño de la red de colectores sanitarios se realizará de igual forma: se especifica, para cada nodo, el tipo y cantidad de bajantes que serán conectados y DESAGÜES se encargará de obtener el total drenado por cada tubería en el sistema hasta el punto de conexión con la red pública de alcantarillado sanitario. Se estableció tanto para el complejo Casa de la Cultura, dos bajantes de 4", a su vez este sistema baja a a colectores que se conectan por registros de concreto de 0.60mx 0.60m. El punto de conexión final es el alcantarillado municipal.

En el anexo se pueden ver todo el calculo del sistema.

Tabla 8.Memoria de cálculo sanitaria.

PUNTO	Sanitario		Lavamanos		Duchas		Lavaplatos		Lavadero		Lavatrapero s		Sifon		Orinal		Unidades Descarga	Diámetro	POR	UD	l/s
Colector	Cant.	Un. Des. Total	Cant.	Un. Des.Total	Cant.	Un. Desc. Total	Cant.	Un. Desc.Total	Cant.	Un. Desc.Total	Cant.	Un. Desc.Total	Cant.	Un. Desc.Total	Cant.	Un. Desc.Total			Tramo	Total Acum.	
CAN-1	5,0	25,0	5,0	20,0		0,0		0,0		0,0		0,0	3,0	3,0	2,0	10,0	58,0	**4**	15	58	1,81
CAN-2	5,0	25,0	5,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	2,0	10,0	58,0	**6**	15	58	1,81
CAN-3	6,0	30,0	5,0	20,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	3,0	15,0	71,0	**4**	19	71	2,08
CAN-4	12,0	60,0	10,0	40,0	0,0	0,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0	6,0	30,0	142,0	**6**	38	142	3,36
CAN-5	5,0	25,0	5,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	5,0	25,0	73,0	**4**	18	73	2,12
CAN-6	5,0	25,0	5,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	48,0	**4**	13	48	1,59
CAN-7	10,0	50,0	10,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	5,0	25,0	121,0	**4**	31	121	3,01
CAN-8	22,0	110,0	20,0	80,0	0,0	0,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	14,0	11,0	55,0	263,0	**6**	69	263	5,14
CAN-9	2,0	10,0	2,0	8,0	2,0	8,0	1,0	2,0		0,0	1,0	1,0	3,0	3,0	0,0	0,0	32,0	**4**	11	32	1,20
CAN-10	1,0	5,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	10,0	**4**	3	10	0,54
CAN-11	25,0	125,0	23,0	92,0	2,0	8,0	3,0	6,0	0,0	0,0	1,0	1,0	18,0	18,0	11,0	55,0	305,0	**6**	83	305	5,69
CAN-12	3,0	15,0	3,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	30,0	**4**	9	30	1,15

4. SISTEMA DE VENTILACION

Considerando que el sistema de desagüe de aguas negras contempla la instalación de bajantes, se propone ventilación principal (mediante la salida de la bajante 2m por encima de la cubierta) , ventilación secundaria(una tubería vertical que conecta a los circuitos de ventilación por piso y se conecta a la tubería de bajante desde el primer piso hasta la salida en la azotea), ventilación terciaria(circuitos tipo anillo entre los aparatos sanitarios y se conecta a la ventilación secundaria) de acuerdo a los parámetros establecidos en la NTC 1500

Tabla 8 Diámetros mínimos para ventilación individual. Tomado de NTC 1500

Tipo de aparato	Diámetro mínimo para ventilación individual en mm (pulgada)
Lavamanos, lavaplatos, lavadero de ropas, sanitario, bañera, bidé de piso	38 (1 ½)
Sanitario	51 (2)
NOTA Para aparatos no especificados el diámetro mínimo de la tubería de ventilación será igual a la mitad del diámetro del colector de desagüe al cual ventila. En ningún caso será menor de 38 mm (1 ½ de pulgada).	

Tabla 9 Diámetros y longitud máxima de circuitos de ventilación. Tomado de NTC 15000

Diámetro del ramal horizontal de desagüe		Número máximo de unidades de descarga	Diámetro del tubo de ventilación					
			38 mm (1½ de pulgada)	51 mm (2 pulgadas)	64 mm (2½ de pulgada)	76 mm (3 pulgadas)	102 mm (4 pulgadas)	127 mm (5 pulgadas)
			Máxima longitud del tubo de ventilación (m)					
38 mm	(1 ½ pulgadas)	10	6,0					
51 mm	(2 pulgadas)	12	4,5	12,0				
51 mm	(2 pulgadas)	20	3,0	9,0				
76 mm	(3 pulgadas)	10		6,0	12,0			
76 mm	(3 pulgadas)	30		-	12,0	30,0		
76 mm	(3 pulgadas)	60		-	4,8	24,0		
102 mm	(4 pulgadas)	100		2,1	6,0	15,6	60,0	
102 mm	(4 pulgadas)	200		1,8	5,4	15,0	54,0	
102 mm	(4 pulgadas)	500			4,2	10,8	42,0	
127 mm	(5 pulgadas)	200				4,8	21,0	60,0
127 mm	(5 pulgadas)	1 100				3,0	12,0	42,0

Adicionalmente se tiene en cuenta que todos los tubos de ventilación deben prolongarse por encima de la cubierta de la edificación sin disminuir su diámetro original.

5. DISEÑO RED DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIA

El diseño de este tipo de red quedará definido por los valores normativos del país – NTC 1500- (ver tablas 11, 12 y 13) para cada diámetro y para cada una de las pendientes (0,5%, 1%, 2% y 4%) y para una intensidad de lluvia de 127 mm/hr aplicada en la zona de estudio.

Para calcular el diámetro de una bajante pluvial, es necesario realizar la asignación del área de techo tributaria, en este caso una cubierta termoacustica y las placas en concreto y a partir de la cual se determinará el total conducido por cada tramo de colector de desagüe. Las bajantes resultantes del cálculo conectarán algunas directamente con la vía, otras debido a su localización y evitando la acumulación del agua se conducirán a través de un canal en concreto hasta una corriente hídrica.

Tabla 10 Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvia. Tomado de NTC 1500

Diámetro nominal mm	Caudal, máximo L/s	Áreas máximas permitidas proyectadas horizontalmente en m^2 para diferentes intensidades de lluvia					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
75	4,2	600	300	200	150	120	100
100	9,1	1 286	643	429	321	257	214
125	16,5	2 334	1 117	778	583	467	389
150	26,8	3 790	1 895	1 263	948	758	632
200	57,6	8 175	4 088	2 725	2 044	1 635	1 363

NOTAS:

1) Las dimensiones de bajantes y colectores están basadoas en los caudales correspondientes a una relación de llenado de 7/24.

2) Para precipitaciones diferentes de las indicadas, se deberá interpolar linealmente.

3) La tubería vertical puede ser redonda, cuadrada o rectangular. La sección cuadrada debe contener la sección circular equivalente. La sección rectangular debe tener por lo menos la misma área transversal que la sección circular equivalente, excepto que la relación de sus dimensiones laterales no exceda 3 a 1.

Tabla 11 Definición de las dimensiones de tubería horizontal de agua lluvia. Tomado de NTC

Diámetro nominal, mm	Caudal (L/s) pendiente del 1,0 %,	Máximas áreas permitidas (m^2) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
100	4,9	700	350	233	175	140	116
125	8,8	1 241	621	414	310	248	207
150	14,0	1 988	994	663	497	398	331
200	30,2	4 273	2 137	1 424	1 068	855	713
250	54,3	7 692	3 846	2 564	1 923	1 540	1 282
300	87,3	12 375	6 187	4 125	3 094	2 476	2 062
375	156,0	22 110	11 055	7 370	5 528	4 422	3 683
Diámetro nominal, mm	**Caudal (L/s) pendiente del 2,0 %,**	**Máximas áreas permitidas (m^2) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones**					
		25 mm/h	**50 mm/h**	**75 mm/h**	**100 mm/h**	**125 mm/h**	**150 mm/h**
80	3,0	431	216	144	108	86	72
100	6,9	985	4921	328	246	197	164
125	12,4	1 754	877	585	438	351	292
150	19,8	2 806	1 403	935	701	361	468
200	42,7	6 057	3 029	2 019	1 514	1 211	1 009
250	76,6	10 851	5 425	3 618	2 713	2 169	1 807
300	123,2	17 465	8 733	5 816	4 366	3 493	2 912
375	220,2	31 214	15 607	10 405	7 804	6 248	5 202
Diámetro nominal, mm	**Caudal (L/s) pendiente del 4,0 %,**	**Máximas áreas permitidas (m^2) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones**					
		25 mm/h	**50 mm/h**	**75 mm/h**	**100 mm/h**	**125 mm/h**	**150 mm/h**
80	4,3	611	305	204	153	122	102
100	9,8	1 400	700	465	350	280	232
125	17,5	2 482	1 241	827	621	494	413
150	28,1	3 976	1 988	1 325	994	797	663
200	60,3	8 547	4 273	2 847	2 137	1 709	1 423
250	108,6	15 390	7 695	5 128	3 846	3 080	2 564
300	174,6	24 749	12 374	8 250	6 187	4 942	4 125
375	312,0	44 220	22 110	14 753	11 055	8 853	7 367

NOTAS:

1) Los datos de las dimensiones para tubería horizontal están basados en la tubería trabajando a tubo lleno.

2) Para precipitaciones diferentes de las indicadas, se deberá interpolar linealmente.

Diámetro de la canal en mm	Máximas áreas permitidas (m') de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones				
Pendiente del 0,5 %	**51**	**76**	**102**	**127**	**152**
76	31,6	21,0	15,8	12,6	10,5
102	66,9	44,6	33,4	26,8	22,3
127	116,1	77,5	58,1	46,5	38,7
152	178,4	119,1	89,2	71,4	59,5
178	256,4	170,9	128,2	102,2	85,3
203	369,7	246,7	184,9	147,7	123,1
254	668,9	445,9	334,4	267,6	223,0
Pendiente del 1,0 %	**51**	**76**	**102**	**127**	**152**
76	44,6	29,7	22,3	17,8	14,9
102	94,8	63,3	47,4	37,9	31,6
127	163,5	108,9	81,8	65,4	54,5
152	252,7	168,6	126,3	100,8	84,1
178	362,3	241,5	181,2	144,9	120,8
203	520,2	347,5	260,1	208,1	173,7
254	947,6	631,7	473,8	379	315,9
Pendiente del 2,1 %	**51**	**76**	**102**	**127**	**152**
76	63,2	42,2	31,6	25,3	21,0
102	133,8	89,2	66,9	53,5	44,6
127	232,3	155,0	116,1	92,9	77,5
152	356,7	237,8	178,4	142,7	118,9
178	512,8	341,9	256,4	204,9	170,9
203	739,5	493,3	369,7	295,4	246,7
254	133,8	891,8	668,9	534,2	445,9
Pendiente del 4,2 %	**51**	**76**	**102**	**127**	**152**
76	89,2	595	44,6	35,7	29,7
102	189,5	126,3	94,8	75,8	63,2
127	328,9	219,2	164,4	131,5	109,6
152	514,7	343,3	257,3	206,2	171,9
178	724,6	483,1	362,3	289,9	241,4
203	1 040,5	693,0	520,2	416,2	346,5
254	1 858,0	1 238,4	929,0	743,2	618,7

5.1. CALCULO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO.

Para realizar la estimación de la lluvia de diseño, se toman los datos de la Estación Meteorológica para el tiempo de retorno con base a Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000.

1.3.4 Obtención curva IDF, cálculo de la precipitación y tormenta de diseño.

Para la determinación de la precipitación de diseño se emplearán los resultados del registro pluviométrico de la Estación Meteorológica localizada en el municipio. Se tienen los resultados de las precipitaciones máximas anuales las cuales se resumen en la siguiente tabla. Teniendo un registro completo desde el año 1990 hasta el 2013.

Tabla 12 Máximas precipitaciones anuales.

Año	Precipitación Máxima Multianual (mm)
1990	68
1991	63
1992	68
1993	97
1994	71
1995	56
1996	89
1997	89
1998	86
1999	78
2000	94
2001	51
2002	77
2003	71
2004	99
2005	80
2006	75

2007	78
2008	55
2009	133
2010	83
2011	62
2012	84.3
2013	75.2

Mediante la distribución de Gumbel son determinadas las variables probabilísticas y las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno.

Tabla 13 Determinación de variables probabilísticas.

Nº	Año	Precipitación (mm)	
		xi	***(xi - x)^2***
1	1990	68.00	108.94
2	1991	63.00	238.32
3	1992	68.00	108.94
4	1993	97.00	344.57
5	1994	71.00	55.32
6	1995	56.00	503.44
7	1996	89.00	111.57
8	1997	89.00	111.57
9	1998	86.00	57.19
10	1999	78.00	0.19
11	2000	94.00	242.19
12	2001	51.00	752.82
13	2002	77.00	2.07
14	2003	71.00	55.32
15	2004	99.00	422.82
16	2005	80.00	2.44
17	2006	75.00	11.82
18	2007	78.00	0.19
19	2008	55.00	549.32
20	2009	133.00	2977.07
21	2010	83.00	20.82
22	2011	62.00	270.19
23	2012	84.30	34.37
24	2013	75.20	10.48
24		**1882.5**	**6991.9**

Calculo de variables probabilísticas

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$$

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$$

Tabla 14 Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

	Duraciones, en horas								
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**12**	**18**	**24**
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Con base en la siguiente tabla de Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas se generan Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Tabla 15 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
Duración		**2 años**	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**500 años**
24 hr	X24	85.3979	102.8092	114.3371	128.9025	139.7080	150.4337	175.2191
18 hr	X18 = 91%	77.7121	93.5564	104.0467	103.1220	127.1343	136.8946	159.4494
12 hr	X12 = 80%	68.3183	82.2474	91.4696	103.1220	111.7664	120.3469	140.1753
8 hr	X8 = 68%	58.0705	69.9103	77.7492	87.6537	95.0014	102.2949	119.1490
6 hr	X6 = 61%	52.0927	62.7136	69.7456	78.6305	85.2219	91.7645	106.8837
5 hr	X5 = 57%	48.6768	58.6013	65.1721	73.4744	79.6335	85.7472	99.8749
4 hr	X4 = 52%	44.4069	53.4608	59.4553	67.0293	72.6482	78.2255	91.1139
3 hr	X3 = 46%	39.2830	47.2922	52.5950	59.2952	64.2657	69.1995	80.6008
2 hr	X2 = 39%	33.3052	40.0956	44.5915	50.2720	54.4861	58.6691	68.3355
1 hr	X1 = 30%	25.6194	30.8428	34.3011	38.6708	41.9124	45.1301	52.5657

Tomamos como referencia una intensidad promedio de 127 mm/hora:

Podemos observar la tabla de resumen de cubiertas con sus respectivas asignaciones de diámetros para bajantes. Siendo las series de bajantes de 4 para las cubiertas más grandes.

6. PRINCIPIOS BASICOS DE UN PROGRAMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En el presente documento se pretende brindar los conceptos necesarios para entender un sistema de protección contra incendio. Es importante que el lector conozca las características principales que se tendrán en cuenta para implementar este tipo de sistema.

6.1. EL PROBLEMA DEL FUEGO Y DE LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La tasa de muerte en países como USA y Canadá a causa de incendios son el doble que las de Europa Occidental y Japón. El fuego es la segunda causa de muerte, después de los accidentes en el hogar y es la primera en niños y jóvenes, lo que demuestra que en dichos países es posible reducir la gravedad de los incendios, pero se les dificulta el tema de la prevención. (R. Hall, Jr, y otros, 2001).

Según un reporte de la comisión nacional para la prevención y control del fuego, se encontró que los arquitectos e ingenieros se limitan al cumplimento mínimo de las normas de seguridad en los reglamentos municipales nacionales. .ñ los ocupantes de las edificaciones asumen los incendios como un suceso que no llegara a ocurrir por lo tanto no contarían con las medidas de protección adecuadas. (R. Hall, Jr, y otros, 2001).

Al hablar de protección contra incendios en edificaciones se debe tener en cuenta seis ítems claves, estos son:

- *La prevención*
- *Reducción del crecimiento y propagación inicial*
- *La detección*
- *La supresión*
- *La compartimentación*
- *La evacuación*

6.2. OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Uno de los objetivos principales de un programa de prevención de incendios es reducir o eliminar el incendio en la edificación teniendo mayor conciencia de la

necesidad de implementar y de brindar la información a los ocupantes, para saber en qué momento hay peligro y cuáles son las medidas a tomar. (Gratton, 2001).

La primera causa de los incendios, sean deliberados o causados por ignorancia o negligencia, siempre es el factor humano. Por lo tanto, es de vital importancia de educar a los ocupantes para que tengan noción de que de esta manera protegen sus vidas y su propiedad. (Gratton, 2001).

El éxito de este tipo de programa se mide a través de factores tales como la reducción de incidentes, sugerencias de los ocupantes y encuestas que comparan el nivel de conciencia frente a la prevención antes y después de la implementación del programa. (Gratton, 2001).

6.3. SISTEMAS DE ROCIADORES Y LAS ALARMAS DE FLUJO DE AGUA

El sistema de rociadores y las alarmas de flujo de agua son elementos vitales en todo programa de protección contra el fuego. Evidentemente es necesario contar con rociadores automáticos para la protección de las vidas y de los bienes materiales, a su vez que es necesario asegurar un apropiado funcionamiento de los rociadores, para esto debe tener una supervisión periódica tanto el rociador como la alarma, la cual se activara en el momento en que el sistema entre en funcionamiento (Dean K, 2001).

1.3.5 Alarmas de flujo de agua. Un equipo de alarma de flujo debe cumplir las siguientes funciones básicas:

- *La detección rápida de un determinado número de litros por minuto que será equivalente a la cantidad de agua descargada para el funcionamiento de un rociador.*
- *Su funcionamiento fiable como alarma sonora que dará aviso del incidente.*
- *Instalaciones adecuadas para probar el funcionamiento de la alarma mediante un caudal real que equivale a un rociador.*

1.3.6 Clasificación de alarmas.

- *Alarmas accionadas hidráulicamente. Reciben el nombre de "timbres de agua". Este sistema tiene un mecanismo que se acciona al momento en que el agua fluye disparando un timbre lo suficientemente grande para propagar el sonido (Dean K, 2001).*

- *Alarmas eléctricas. Se activan mediante dispositivos eléctricos que funcionan por la presión o el flujo del agua, entre ella se puede encontrar timbres vibratorios, sirenas, luces parpadeantes, etc. (Dean K, 2001).*

6.4. EL AGUA EN LA LUCHA CONTRA EL FUEGO

El agua es uno de los agentes más utilizados a la hora de extinguir un incendio, durante mucho tiempo el método utilizado es dirigir un chorro de agua hacia la base del fuego, a pesar de que este método se sigue empleando frecuentemente, se encontró un método más eficaz que consiste en aplicar agua en forma pulverizada lo que aumenta el efecto refrigerante del agua. A continuación, se presentará algunos tipos de extinción de gran utilidad en un programa contra incendio (Gratton, 2001).

1.3.7 Extinción por enfriamiento.

Es común que el fuego se pueda extinguir cuando la superficie del material se enfría lo suficiente para lograr parar la combustión, a la hora de aplicar agua es necesario tener en cuenta factores como el calor desprendido, la rapidez en la aplicación de agua y el tipo de agua que se aplique. (Wahl, 2001).

Cuando la velocidad de absorción del agua logra desprender totalmente el calor del fuego es cuando se logra la extinción. Uno de los métodos empleados para impedir la ignición de un material consiste en mojar los materiales combustibles, pues si el combustible absorbe el agua tardara más tiempo en arder. (Wahl, 2001)

1.3.8 Extinción por sofocación.

Para lograr un efecto más eficaz a la hora de sofocar un fuego se agrega un agente de espuma al agua, con esta metodología la aplicación debe ser de manera suave. Aunque el método por sofocación puede llegar a controlar las llamas, no se considera tan efectivo como el enfriamiento a la hora de extinguir un fuego. (Wahl, 2001)

6.5. Uso del agua en riesgos especiales

Es de gran importancia tener ciertas precauciones a la hora de aplicar agua sobre ciertos materiales que podrían llegar a reaccionar químicamente o incluso hasta a explotar por el contacto con el agua. A continuación, se darán unas nociones básicas a tener en cuenta dependiendo del material (Clarke, 2001).

1.3.9 Incendios de productos químicos.

Se debe evitar la aplicación de agua en materiales como el peróxido, carburos, cal viva, etc. Pues algunos de estos al entrar en contacto con agua, se calientan espontáneamente, liberan calor y hasta gases inflamables.

1.3.10 Metales combustibles.

Al manejar metales combustibles como magnesio, titanio, sodio metálico, hafnio, entre otros. Es importante evitar la extinción mediante agua.

1.3.11 Incendio de gases.

En incendios de gases el agua tiene como función principal la de controlar el calor del incendio además de bajar la concentración del gas. Esto mientras se logra detener el flujo del gas.

1.3.12 Incendios de líquidos inflamables y combustibles.

En el momento en el que se presenta un incendio relacionado con materiales derivados del petróleo el agua actuara de la siguiente manera:

- *Como agente enfriador, para cortar el vapor de la superficie del petróleo, para brindar protección a los bomberos del calor cuando hagan trabajos cerca del fuego y para proteger las superficies expuestas.*
- *Como una herramienta mecánica, para controlar fugas y para evitar la ignición del derivado mediante la conducción del material a una zona causara un menor daño.*

6.6. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

La metodología implementada en esta guía para realizar una clasificación se basa en los parámetros que plantea la NSR-10 para determinar si es necesario la utilización de rociadores o gabinetes, o si se requiere un sistema combinado. A partir de esta determinación se entrará a los criterios que plantea la NFPA 13 para el caso de rociadores, en donde se clasifica la edificación en determinados riesgos de acuerdo a su uso.

De acuerdo a la información obtenida de la NSR-10, se deduce lo siguiente:

Para aplicar las condiciones establecidas en la norma es necesario realizar una clasificación de las edificaciones según el grupo de ocupación (Scattaglia , 2008), como se indica en la Tabla 1. Grupos y sub grupos de ocupación.

La Tabla 1. Grupos y sub grupos de ocupación, indica la clasificación de la edificación de acuerdo al uso según la NSR-10, esto con el fin de verificar las exigencias en cuanto a que sistema requiere la edificación.

Dada la clasificación de edificaciones, se plantea el sistema de protección contra incendio adecuado según el tipo de grupo al que pertenece, adicional a esto la norma indica qué reglamento regula cada dispositivo que se va a utilizar (Scattaglia

, 2008), como lo indica en la Tabla 2. Sistema de protección contra incendio segúnla ocupación:

La Tabla 2. Sistema de protección contra incendio según la ocupación, señala la norma a la cual se debe referir según sea la clasificación de la ocupación, esta de igual manera indica que tipo de sistema es necesario implementar en la edificación. Según los criterios planteados por la NSR-10 y después de definir los componentes de la red, se deduce que es necesario conocer los parámetros necesarios para determinar el tipo de riesgo que atenderá los rociadores del sistema. Véase Tabla

1.3.13 Clasificación del riesgo según NFPA 13.

La Tabla Clasificación del riesgo según NFPA 13, permite clasificar el riesgo de la edificación de acuerdo a su uso entre los riesgos leve, ordinario y extra. Estos según la NFPA 13.

Tabla 16 Grupos y sub grupos de ocupación.

Grupos y subgrupos de Ocupación	Clasificación
A	**ALMACENAMIENTO**
A-1	Riesgo moderado
A-2	Riesgo bajo
C	**COMERCIAL**
C-1	Servicios
C-2	Bienes
E	**ESPECIALES**
F	**FABRIL E INDUSTRIAL**
F-1	Riesgo moderado
F-2	Riesgo bajo
I	**INSTITUCIONAL**
I-1	Reclusión
I-2	Salud o incapacidad
I-3	Educación
I-4	Seguridad publica
I-5	Servicio publico
L	**LUGARES DE REUNION**
L-1	Deportivos

L-2	Culturales y teatros
L-3	Sociales y recreativos
L-4	Religiosos
L-5	De transporte
M	**MIXTO Y OTROS**
P	**ALTA PELIGROSIDAD**
R	**RESIDENCIAL**
R-1	Unifamiliar y bifamiliar
R-2	Multifamiliar
R-3	Hoteles
T	**temporal**
(AIS, 2012)	

Tabla 17 ***Sistema de protección contra incendio según la ocupación.***

Grupo o subgrupo	Sistemas de protección requeridos.		Norma reguladora
	Sistema de rociadores	**Sistema de mangueras**	
A	A toda la edificación si: • Tiene más de 3 pisos o 9m de altura ▯ Tiene un área mayor a 2200 m2	A Toda la edificación	▯ Código para suministro y distribución de agua para extinción ▯ NTC 2301 ▯ NFPA 13
C	A toda la edificación si: ▯ Tiene un área mayor a 1100 m2 • Tiene más de 3 pisos o 9m de altura	A toda la edificación	▯ Código para suministro y distribución de agua para extinción ▯ NTC 2301 ▯ NFPA 13
I	A toda la edificación si: ▯ Pertenece a los subgrupos I1 e I2 ▯ Pertenece al subgrupo I3 y además: ▯ Tiene un área mayor a 2000 m2 • Tiene más de 4 pisos o 12 m de	A toda la edificación si: • tiene más de 3 pisos o 9m de altura ▯ Todos los niveles bajos o sótanos ▯ Todas las edificaciones que se encuentren a más de 30 m de	▯ Código para suministro y distribución de agua para extinción ▯ NTC 2301 ▯ NFPA 13

	altura Todos los niveles bajos o sótanos	distancia al sitio hasta el que se puede acercar el vehículo de bomberos	

Grupo o subgrupo	Sistemas de protección requeridos.		Norma reguladora
	Sistema de rociadores	Sistema de mangueras	
M	A toda la edificación	A toda la edificación	Código para suministro y distribución de agua para extinción NTC 2301 NFPA 13
P	A toda la edificación	A toda la edificación	Código para suministro y distribución de agua para extinción NTC 2301 NFPA 13 NFPA 5000
R-2	A toda la edificación si tiene 7 pisos o más (excepto en las escaleras) Todos los sótanos de parqueo	A toda la edificación si tiene más de 5 pisos o 15m de altura Todos los sótanos de parqueo	Código para suministro y distribución de agua para extinción NTC 2301 NFPA 13
R-3	• A toda si tiene más de 5 pisos o 15 m de altura (excepto en las escaleras) Todos los sótanos de parqueo	A toda la edificación si tiene más de 5 pisos o 15m de altura Todos los sótanos de parqueo	Código para suministro y distribución de agua para extinción. NTC 2301 NFPA 13

(AIS, 2014)

Tabla 18 Clasificación del riesgo según NFPA 13.

Riesgo leve	Refugios para animales Iglesias Clubes • Aleros y voladizos, si son de construcciones combustibles, sin materiales combustibles debajo Ocupaciones educacionales • Hospitales, incluidos hospitales para animales e instalaciones veterinarias Ocupaciones institucionales Criaderos de perros • Bibliotecas, excepto grandes salas con libros apilados Museos • Hogares de cuidados intermedios o casas de convalecencia • Oficinas, incluidas las de procesamiento de datos Ocupaciones residenciales • Áreas de asientos de restaurantes • Teatros y auditorios, excluidos los escenarios y proscenios Áticos no utilizados
Riesgo ordinario (Grupo I)	• Estacionamientos y salas de exhibición de automóviles Panaderías Fábricas de bebidas Enlatadoras Fabricación y procesamiento de productos lácteos Plantas electrónicas • Fabricación de vidrio y productos de vidrio Lavanderías • Áreas de servicio de restaurantes
Riesgo ordinario (Grupo II)	Instalaciones agrícolas Caballerizas y establos Molinos cerealeros • Plantas químicas - productos químicos ordinarios Productos de confitería Destilerías Tintorerías • Dársenas exteriores de carga. Molinos de pienso

	Establos para caballos

(National Fire Proteccion Association, 2016)

Tabla 19 Clasificación del riesgo según NFPA 13. (Continuación)

Riesgo ordinario (Grupo II)	• Fábricas de productos de cuero • Bibliotecas - áreas de grandes salas con libros apilados Talleres de maquinarias • Instalaciones de trabajo de metales Ocupaciones mercantiles • Plantas de elaboración de papel y pulpa • Plantas procesadoras de papel Muelles y embarcaderos • Instalaciones de fabricación de plásticos Oficinas de correo • Imprentas y talleres de artes gráficas Áreas de establos Talleres de reparación • Área de aplicación de resinas Escenarios • Fábricas de productos textiles Fábricas de neumáticos • Fábricas de productos del tabaco Maquinado de maderas • Ensamblaje de productos madereros
Riesgo extra (Grupo I)	Hangares para • Áreas de utilización de fluido hidráulico combustible Fundiciones Extrusión de metales • Fabricación de madera laminada y aglomerados Imprentas • Recuperación, composición, secado, triturado y vulcanizado de goma Aserraderos Plantas textiles
	Saturación de asfalto • Pulverización de líquidos inflamables Revestimiento por flujo • Ensamblajes de viviendas prefabricadas o de edificios

Riesgo extra (Grupo II)	modulares • Enfriado en aceite en cuba abierta • Fabricación de plásticos • Limpieza con solventes • Barnizado y pintado por inmersión

(National Fire Proteccion Association, 2016)

6.7. FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS EN LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Generalmente en los sistemas de protección contra incendios, la extinción del fuego es mediante el agua. Para lo cual existen distintas formas de hacerlo, mediante rociadores, mangueras e hidrantes. Lo que hace necesario el uso de una red hidráulica, por la cual se explicarán los fundamentos de la mecánica de fluidos, ya que estos estudian el flujo del agua que pasa por las tuberías.

Este capítulo principalmente se trata de la descripción de las propiedades físicas del agua que afectan a los cálculos hidráulicos y las fórmulas utilizadas para calcular el caudal y las pérdidas de presión en los sistemas de protección contra incendios.

6.8. PROPIEDADES DEL AGUA

En la guía de diseño de sistemas de protección que se presenta el agente extintor será el agua, por lo que es relevante dar evidencia de las principales características del fluido (Linder, 2001).

1.3.14 Densidad.

Se define como la masa por unidad de volumen, como lo indica la Ecuación 1. Densidad.,la densidad del agua varía con la temperatura. Pero para la mayoría de los cálculos hidráulicos la densidad utilizada es de 1000 kg/m³ o lbm/ft³ (Linder, 2001).

Ecuación 1. Densidad.

$$\rho = \frac{masa}{volumen}$$

3.1.2. =

Peso específico.

Según la Ecuación 2. Peso Específico.Este se define como la multiplicación entre la aceleración de gravedad y la densidad. Este se mide generalmente en kg de peso/m^3 o lbf/ft^3. (Linder, 2001)

Ecuación 2.Peso Específico.

$$\omega = \rho g$$

1.3.15 Viscosidad.

Es una medida de la resistencia a fluir el líquido y se mide en s/m² o s/ft². Esta como la densidad varía de acuerdo a la temperatura, pero generalmente para los cálculos realizados para la protección contra incendios se supone que el agua está a una temperatura ambiente (Linder, 2001).

En la Tabla 6. Propiedades físicas del agua. Se encuentran características del agua, tales como densidad, viscosidad, etc. De acuerdo a su temperatura.

Tabla 20 Propiedades físicas del agua.

Temperatura (°C)	Peso específico ɣ (kN/m³)	Densidad ρ (kg/m³)	Viscosidad dinámica η (Pa*s)	Viscosidad cinemática υ (m²/s)
0	9.81	1000	$1.75*10^{-3}$	$1.75*10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52*10^{-3}$	$1.52*10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30*10^{-3}$	$1.30*10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15*10^{-3}$	$1.15*10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02*10^{-3}$	$1.02*10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91*10^{-4}$	$8.91*10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00*10^{-4}$	$8.00*10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18*10^{-4}$	$7.18*10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51*10^{-4}$	$6.51*10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94*10^{-4}$	$5.94*10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41*10^{-4}$	$5.41*10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98*10^{-4}$	$4.98*10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60*10^{-4}$	$4.60*10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31*10^{-4}$	$4.31*10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02*10^{-4}$	$4.02*10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73*10^{-4}$	$3.73*10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50*10^{-4}$	$3.50*10^{-7}$
85	9.5	968	$3.30*10^{-4}$	$3.30*10^{-7}$

90	9.47	965	$3.11*10^{-4}$	$3.11*10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92*10^{-4}$	$2.92*10^{-7}$
100	9.4	958	$2.82*10^{-4}$	$2.82*10^{-7}$
(Mott, 2006)				

1.3.16 PRESIÓN

En la hidráulica de protección contra incendios se mide normalmente en libras por pulgada cuadrada (psi), cuando se estudia el flujo de agua en una tubería, la presión total es la suma de la presión normal y la presión de velocidad (Linder, 2001). Esto se indica en la Ecuación 3. Presión.

$$p_t : p_n + p_v$$

Ecuación 3.Presión.

Presión normal: Esta es la fuerza que ejerce el líquido a las paredes de una tubería, ya sea en reposo o en circulación, estas son llamas presión estática y presión residual. (Linder, 2001)

Presión de velocidad o altura de velocidad: La velocidad que adquiere una masa al aplicar sobre ella una presión es la misma que si esta masa cayera libremente, desde el estado de reposo, una distancia equivalente a la altura de presión (Linder, 2001). Ver Ecuación 4. Ecuación de Torricelli.

Ecuación 4.Ecuación de Torricelli.

$$v = \sqrt{2gh}$$

Igual que la altura estática se puede convertir en altura de velocidad, esta se puede convertir a su vez en una altura estática equivalente (Linder, 2001). Su relación se encuentra en la Ecuación 5. Cabeza de velocidad.

Ecuación 5.Cabeza de velocidad.

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Una de las formas de calcular la velocidad a partir del caudal es mediante el principio de la conservación de la masa. Para una corriente continua y unidireccional con una velocidad media (Linder, 2001), ver Ecuación 6. Principio conservación de la masa.

$$Q = AV$$

Ecuación 6.Principio conservación de la masa.

1.3.17 FUENTES DE PRESIÓN

En un sistema de protección contra incendios normalmente se encuentran las siguientes fuentes de presión (Linder, 2001):

- *Gravedad: La presión aquí es la altura de la lámina de agua.*

- *Bombeo: la altura es la suma de la presión de descarga de la bomba, la diferencia de altura entre el manómetro de descarga de la bomba y el punto considerado.*

- *Presión neumática: La altura del agua es la del aire del depósito, cualquier diferencia de altura entre la superficie del depósito de agua y el punto considerado.*
- *Combinadas: Cualquiera de las fuentes anteriores.*

1.3.18 TEOREMA DE BERNOULLI

Este representa la ley de la conservación de la energía aplicada a problemas de fluidos no comprimibles, ver Ecuación 7. Teorema de Bernoulli.Este se puede expresar como lo siguiente: "En un flujo estacionario sin rozamiento, la suma de la

altura de velocidad, altura de presión y altura geométrica es constante en todas las partículas del fluido a lo largo de todo su recorrido (Linder, 2001).

$$\frac{Va^2}{2g} + \frac{Pa}{w} + Za = \frac{Vb^2}{2g} + \frac{Pb}{w} + Zb + hab$$

Ecuación 7.Teorema de Bernoulli.

1.3.19 CAUDAL DE AGUA EN LAS TUBERIAS

En la teoría del flujo de líquidos en las tuberías se ven reflejados las leyes mencionadas anteriormente. La conservación de la energía (Teorema de Bernoulli) y la conservación del caudal (Linder, 2001).

Normalmente cuando el agua pasa por una tubería, esta pierde presión. Esta pérdida es debida a:

- *El rozamiento del agua al moverse con las paredes de la tubería.*

- *El rozamiento entre las partículas de agua, incluido el que se produce por las turbulencias cuando el agua cambia de dirección o se produce un cambio de velocidad.*

El flujo en las tuberías se clasifica de acuerdo a su turbulencia, esta varía de acuerdo a la velocidad y al diámetro de la tubería. Para esto existen dos tipos de flujos, Laminar y turbulento. Entre estos hay un punto crítico el cual el caudal no es de flujo laminar, ni de flujo turbulento este llamado la "zona de transición". Para predecir estos flujos se calcula el número de Reynolds de acuerdo a la siguiente ecuación: (Linder, 2001). Ver Ecuación 8. Número de Reynolds

Ecuación 8.Número de Reynolds

$$Re = \frac{V\emptyset}{\mu}$$

V = Velocidad del fluido en la tubería.
Φ = Diámetro de la tubería
μ = Viscosidad del fluido.
Re= Número de Reynolds.

- *Flujo Laminar Re < 2200*
- *Flujo Turbulento Re > 4500*
- *Flujo en transición Re (2200 – 4500)*

En los sistemas de protección contra incendios la distribución de agua, normalmente se da en un flujo turbulento, siendo la tubería la principal causa de pérdidas por fricción, las demás son pérdidas menores o en los accesorios.

6.9. PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA

En la conducción de un fluido atreves de una tubería, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo (Linder, 2001).

Dado que la fórmula más utilizada para el cálculo de la pérdida de energía es la metodología de Hazen Williams, la guía utilizo una formula físicamente basada como la fórmula de Darcy – Weisbach, que no es de uso común por su complejidad en el cálculo del factor de fricción. El factor de fricción se calculara por medio de la fórmula desarrollada por Colebrook – White utilizando un método numérico para obtener la tabulación de la pérdida unitaria en función de la metodología de Darcy – Weisbach.

1.3.20 Fórmula de Darcy – Weisbach

Esta fórmula es adecuada para fluidos newtonianos (es aquel cuya viscosidad es constante a determinada temperatura). El factor de fricción de pende de la rugosidad del material de la tubería y el número de Reynolds (Linder, 2001). Ver Ecuación 9. Fórmula de Darcy – Weisbach

Ecuación 9. Fórmula de Darcy – Weisbach

$$h = f\frac{lv^2}{2Øg}$$

h= perdidas de presión por rozamiento l= Longitud de la tubería

Ø= Diámetro de tubería

g= aceleración de la gravedad

Las pérdidas por fricción pueden calcularse también con la Ecuación 10. Perdidas por fricción

Ecuación 10.Perdidas por fricción

$$h = J * L$$

Siendo J la variación de presión por unidad de longitud y L, la distancia entre dos nodos diferentes.

El valor de f se puede calcular mediante la fórmula de Colebrook – White, generalmente para este calcular este valor es utilizado el diagrama de Moody, pero como ya fue mencionado antes en esta guía se calcula mediante la siguiente fórmula (Linder, 2001). Ver Ecuación 11. Formula de Colebrook – White

Ecuación 11.Formula de Colebrook – White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2log_{10}\left[\frac{\varepsilon}{3.7Ø} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}}\right]$$

Donde:

= medida lineal de la rugosidad

f= factor de rozamiento de Darcy – Weisbach Ø= Diámetro de la tubería R= Número de Reynolds

3.2.1. Perdidas menores

La ecuación para el cálculo de perdidas menores producida por los accesorios es la Ecuación 12. Perdidas menores(Saldarriaga V, 2001)

Ecuación 12..Perdidas menores

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

Donde:

h_m: Perdidas menores

k_m: Coeficiente de perdidas menores para accesorios V: Velocidad media del flujo en la tubería G: Aceleración de la gravedad

La Tabla 7. Coeficiente de perdidas menores, muestra diferentes valores del coeficiente de perdidas (km) para los accesorios de uso más frecuente en un sistema de protección contra incendios.

Tabla 21 Coeficiente de perdidas menores.

Accesorio	k_m
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula de ángulo, completamente abierta	5
Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura	1.00 - 1.15

(Saldarriaga V, 2001)

Tabla 22 Coeficiente de perdidas menores. (Continuación)

Accesorio	k_m
Válvula de compuerta, con 1/2 de apertura	5.6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura	24
Codo de radio corto (r/d) = ±1)	0.9
Codo de radio mediano	0.75-0.80
Codo de gran radio (r/d = ±1.5)	0.6
Codo 45°	0.4-0.42
Retorno (Curva en U)	2.2
Tee en sentido recto	0.3
Tee a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, en sentido lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo reentrante	0.9
Salida	1

(Saldarriaga V, 2001)

1.3.21 Tablas de pérdidas por fricción

Para simplificar los cálculos, se realizan tablas que contendrán las pérdidas unitarias según el diámetro de la tubería, material y velocidad. Para el cálculo de estas se utiliza Ecuación 11. Formula de Colebrook – Whitepara el valor del factor de fricción y se utilizan valores constantes para la viscosidad del agua y rugosidad absoluta del material.

En la Tabla 6. Valores Constantes. Se representan los datos que serán tomados como constantes para la realización de los cálculos en las posteriores tablas.

Se realizaron los cálculos de las perdidas unitarias para diferentes diámetros con base a ciertos cambios de velocidad. Estos se muestran en las Tabla de la 10 a la 19.

Tabla 23 Valores Constantes.

TEMPERATURA (T)	15 °C
VISCOSIDAD (υ)	1.15E-06 m²/s
RUGOSIDAD ABSOLUTA (ks)	0.46

6.10. CÁLCULO DE LA RED CONTRA INCENDIO

Un sistema calculado para cualquier tipo de edificación debe regirse a la normativa actual NFPA 13, la cual explica los diferentes tipos de métodos de cálculo. El criterio principal en el que se basa la norma para plantear sus métodos es en el área de diseño, el criterio en común que tendrá un método con el otro será que la manera de verificar hidráulicamente la red es la misma (National Fire Proteccion Association, 2016).

1.3.22 Métodos de cálculo.

Para todos los sistemas el área de diseño debe ser el área de mayor demanda hidráulica (National Fire Proteccion Association, 2016).

6.10.1.1. Método de Área – Densidad.

El área de diseño debe ser rectangular con dimensión paralela a los ramales de por lo menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área utilizada de operación de los rociadores.

6.10.1.2. Método de diseño por sala.

El cálculo para este método se basa en la sala y espacio comunicante con mayor demanda hidráulica.

6.10.1.3. Método para rociadores CMSA.

El área de diseño debe ser rectangular con dimensión paralela a las líneas de ramales de por lo menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área utilizada de operación de los rociadores. Esta área de diseño protegida por la cantidad de rociadores a utilizar por la regla del 1.2 debe basarse al área máxima permitida por cada rociador.

6.10.1.4. Método para rociadores ESFR.

El área de diseño para estos rociadores debe consistir en el área protegida por los 12 rociadores de mayor demanda hidráulica.

6.10.1.5. Sistema de rejillas.

Para este sistema el diseñador debe verificar que se calcule el área con mayor demanda hidráulica.

Para cada uno de los métodos anteriormente mencionados la manera de calcular es igual, ya que se calcula que, para el área de diseño, la presión sea la requerida, para esto se explicara el procedimiento necesario.

1.3.23 Pre-dimensionamiento de la red.

La NFPA 13, define los diámetros de tuberías para cierta cantidad de rociadores de un K nominal de 5.6 y un riesgo leve, tal como se indica en la Tabla 20. Tuberías para riesgo leve. Esta tabla sirve también para el pre dimensionamiento de la red, ya que con esta se genera menor incertidumbre a la hora de efectuar los cálculos (National Fire Proteccion Association, 2016).

Tabla 24 Tuberías para riesgo leve

ACERO	
1 pulg	2 rociadores
1¼ pulg	3 rociadores
1½ pulg	5 rociadores
2 pulg	10 rociadores
2½ pulg	30 rociadores
|3 pulg	60 rociadores

(National Fire Proteccion Association, 2016)

1.3.24 Procedimiento para el cálculo de la red.

Inicialmente para el cálculo de la red contra incendio es necesario tener claro a qué tipo de riesgo pertenece la edificación a proteger, si esta tendrá sistema de gabinetes y rociadores o solo tendrá rociadores automáticos.

Luego, es necesario saber el concepto del diseño, si este tendrá sistema de bombeo o se abastecerá por gravedad. También se requiere tener el trazado de la red con un pre dimensionamiento de esta para la facilidad de los cálculos.

6.10.3.1. Verificar caudales.

De acuerdo al capítulo 6 de este documento, se define la demanda necesaria para suministrar la red de gabinetes y rociadores según sea el caso. Esto indica también el volumen del tanque de almacenamiento de agua.

6.10.3.2. Ruta crítica hidráulicamente.

Para efecto de los cálculos, es necesario determinar una ruta hacia el punto crítico, este es el más lejano y el que mayor presión requiere. Una manera de determinar la ruta crítica, es verificar la zona más alejada al tanque de almacenamiento. Este punto crítico determina la ubicación del área de diseño.

6.10.3.3. Numeración de nodos según la ruta crítica.

De acuerdo a cada riesgo, cada área de diseño tiene un número de rociadores a calcular, a diferencia de los gabinetes, ya que estos dependen del número de rutas de evacuación que tenga la edificación, es decir, si la edificación tiene 10 pisos y solo cuenta con una ruta de evacuación, el número de gabinetes a calcular será uno.

Para la numeración de los nodos, se comienza a numerar desde el punto crítico (rociador o gabinete) hacia el equipo de bombas o tanque de almacenamiento, se considera el punto crítico como el primer nodo. Los siguientes se numeran a medida que se avanece en el recorrido, de acuerdo al gasto de caudal, es decir, en una derivación hacia un ramal o elementos que consuman caudal, siempre y cuando sean los que están contemplados a ser calculados.

6.10.3.4. Cálculos de la red.

De acuerdo a los fundamentos hidráulicos que maneja una red contra incendios, se basa en la Ecuación 9. Fórmula de Darcy – Weisbachpara desarrollar la metodología de cálculos.

Para mayor facilidad, se puede diseñar una hoja de cálculo en el Excel, para lo cual será necesario tener claridad de los siguientes aspectos a utilizar:

- *Demanda del rociador*
- *Demanda del gabinete*
- *Diámetro nominal e interno de la red*
- *Temperatura ambiente*
- *Viscosidad del agua*
- *Rugosidad absoluta del material*
- *Longitud de los diferentes tramos*
- *Coeficientes de perdidas menores*
- *Presión mínima en el punto crítico*

6.10.3.5. Cálculo del equipo de bombeo.

Este cálculo se realiza para los proyectos que requieran de un equipo de bombeo para suministrar el sistema de protección contra incendios.

Lo principal para el cálculo del equipo de bombeo es contar con los datos necesarios, estos son, la presión de diseño, el caudal de diseño y los diámetros de la succión y la descarga de las bombas. Estos datos son el resultado de Tabla 18. Cálculo de la red.

Otro factor necesario para este cálculo, es la configuración que tendrá el equipo, es decir, con que accesorios contara, a que distancia del tanque de almacenamiento serán ubicadas las bombas y en qué nivel de la edificación. (Saldarriaga V, 2001).

Los pasos para este cálculo son los siguientes:

- *El primer paso es utilizar la ecuación de Bernoulli Ecuación 7. Teorema de Bernoulli,entre la lámina mínima de agua del tanque (o) y la brida de succión*

(s). Esto con el fin de obtener la presión en la succión.

Bernoulli entre o-s

$$\frac{Vo^2}{2g} + \frac{Po}{w} + Zo = \frac{Vs^2}{2g} + \frac{Ps}{w} + Zs + hab$$

$$-hab = \frac{Vs^2}{2g} + \frac{Ps}{w} + Zs$$

$$-hm - hf = \frac{Vs^2}{2g} + \frac{Ps}{w} + Zs$$

Con la siguiente ecuación obtenida al despejar, se obtiene el valor de la presión en la brida de succión.

$$-hm - hf - \frac{Vs^2}{2g} - Zs = \frac{Ps}{w}$$

- *Luego, se hace Bernoulli entre la brida de succión (s) y la brida de descarga (d). Con el fin de obtener la cabeza dinámica de las bombas (HB).*

$$\frac{Vs^2}{2g} + \frac{Ps}{w} + Zs + HB = \frac{Vd^2}{2g} + \frac{Pd}{w} + Zd$$

Zd: Altura de la descarga, distancia desde el eje de la bomba al punto más alto de la edificación.

$$HB = \frac{Vd^2}{2g} + \frac{Pd}{w} + Zd - \frac{Vs^2}{2g} - \frac{Ps}{w}$$

De la ecuación anterior se puede despejar la cabeza dinámica de la bomba, ya que los demás valores son conocidos.

6.11 MATERIALES

En general se debe tener en cuenta que el flujo del agua se realizará a través de tuberías, la cual estará interconectada entre sí mediante accesorios que por lo general son del mismo material que dicha tubería.

Existe gran variedad de materiales, en los cuales se tendrán sus requerimientos especiales y distintos parámetros para su funcionamiento, dichos aspectos se rigen por la NFPA (National Fire Proteccion Association, 2016).

Entre los distintos tipos de tubería que se describe en la NFPA se puede encontrar:

- *Tuberías de acero – soldadas o ranuradas por laminado*

En tuberías que manejen presiones hasta de 300 psi, el espesor nominal debe ser:

Para tubería de 5" de acuerdo a la cedula 10, tubería de 6"- (3.4mm) tubería de 8" y 10"- (4.78mm), y para tuberías de 12" - (8.38mm).

- *Tuberías de acero – roscadas*

En tuberías que manejen presiones hasta de 300 psi el espesor mínimo nominal deberá estar de acuerdo a la cedula, para tubería de diámetro mayor de 8"- cedula 30, y para tubería de diámetro inferior a 8"- cedula 40.

- *Tuberías de cobre*

Cuando se utiliza tubería de cobre en sistemas de rociadores, el espesor de pared deberá ser tipo K, L, o M. esta denominación de letras en la tubería de cobre indica características del material tales como su presión, su color o el espesor.

En la NFPA se clasifica el tipo de material de la tubería según la norma que lo rige, en donde se indica sus dimensiones, tal como se indica la Tabla 19. Norma según el material.

Tabla 25 Norma según el material.

MATERIALES Y DIMENSIONES	NORMA
Tubería ferrosa	
Tubería de hierro galvanizado	ASTM A 795
Tubería de acero con y sin costura	ANSI/ ASTM A 53
Tubería de acero forjado	ANSI/ ASME B

Tubería de acero forjado para resistencia eléctrica	ASTM A 135
Tubo de cobre sin costura	ASTM B 75
Tubo de cobre forjado sin costura y aleaciones de cobre	ASTM B 251
Metal de relleno para soldadura con latón	AWS A 5.8
Aleaciones para soldar	ASTM B 32

6.12 ROCIADORES

El parámetro principal al hablar de rociadores es que solamente se podrá instalar rociadores que no hayan sido utilizados de ninguna manera, es decir tendrán que instalarse rociadores nuevos.

Según la temperatura de funcionamiento el rociador se clasifica tal como lo indica la Tabla 20. Especificación de lo rociadores.

Tabla 26 Especificación de lo rociadores.

T°max. En el cielo raso		Rango de T°		Clasificación de La T°	Código de color	Colores de la Ampolla de vidrio
°F	°C	°F	°C			
10	38	135-170	57-77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra alta	Rojo	Violeta
375	191	400-475	204-246	Extra muy alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

(National Fire Proteccion Association, 2016)

1.3.25 Tipo de rociadores.

En este numeral se encuentra los diferentes tipos de rociadores que están especificados en la NFPA 13. A su vez se brindan las especificaciones para caracterizar el funcionamiento de este dispositivo en la red contra incendio (National Fire Proteccion Association, 2016).

- *Rociador de control de modo densidad/ área (CMDA):*

Tiene como propósito controlar el fuego en sitios de almacenaje, utilizando el criterio de densidad / área.

- *Rociador de control de aplicación específica (CMSA):*

Es capaz de producir gotas grandes de agua con la finalidad de atender riesgos de incendio de alto desafío.

- *Rociador de supresión temprana – respuesta rápida (ESFR):*

Cumple con los requisitos para trabajar mediante los principios de sensibilidad térmica. Tiene la capacidad de controlar fuegos de alto desafío pues maneja un índice de tiempo de respuesta de 50 m/s o menos.

- *Rociador de cobertura extendida:*

Maneja un sistema de pulverizado con el fin de cubrir amplias distancias

- *Rociador convencional:*

Dirige el agua en una proporción del 40% al 60% en dirección hacia abajo, se caracteriza porque en su instalación el deflector se ubica colgante o montante.

- *Rociador abierto:*

No tiene ningún tipo de elemento de respuesta al calor

- *Rociador de respuesta rápida y cobertura extendida:*

Trabaja mediante los principios de sensibilidad térmica, maneja un índice de tiempo de respuesta de 50 m/s o menos y tiene un desempeño en áreas de cobertura extensas

- *Rociador de respuesta rápida (QR):*

Tiene la particularidad de que su rociado es pulverizado y con sensibilidad térmica, con un índice de tiempo de respuesta de 50 m/s o menos.

- *Rociador residencial:*

Es un rociador de uso específico para viviendas, cumple con el criterio de sensibilidad térmica y el índice de tiempo que uso los rociadores de respuesta rápida.

- *Rociador especial*

Es un tipo de rociador al cual se le realiza una serie de pruebas con el fin de determinar su desempeño, dentro de esta prueba se evalúa la humedad de los muros y suelos, tipo de riesgo, sensibilidad térmica, entre otros.

- *Rociador de modo de control de aplicación específica:*

Es un rociador de uso específico para almacenamiento, se caracteriza por una descarga pulverizada la cual se determina según el riesgo a tratar, ubicando cierta cantidad de rociadores.

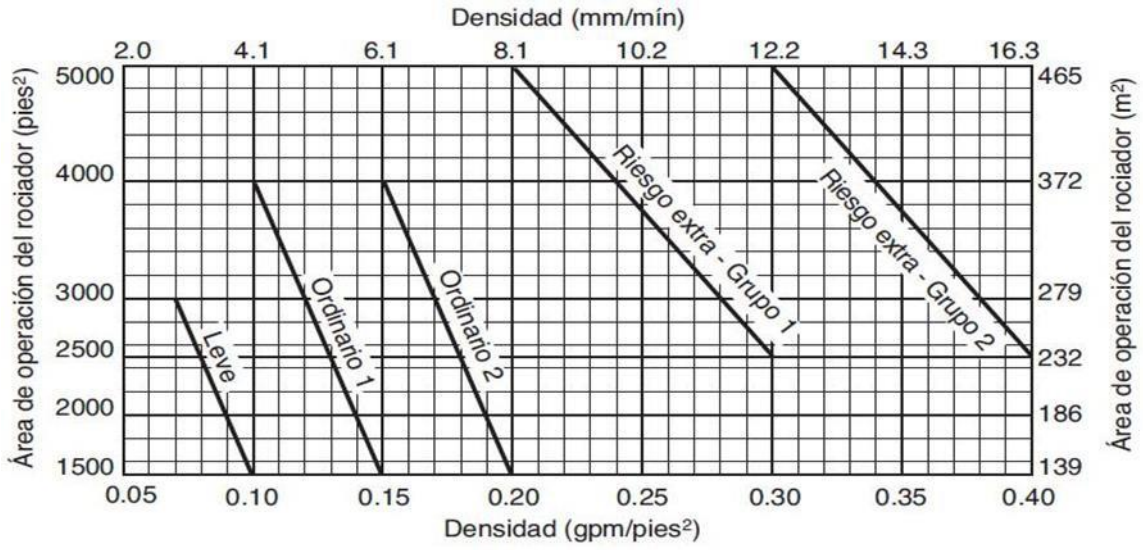
- *Rociador pulverizador estándar:*

Es un rociador de descarga tipo pulverizada, con áreas de cobertura máxima según las obstrucciones que se presenten y las medidas que se deban tomar para su adecuado funcionamiento.

6.12.1 Presión mínima y caudal requerido.

La NFPA dicta los parámetros en términos de presión y de caudal mínimos con el cual se desempeñará la red de rociadores, en la norma se describe varios métodos por los cuales se puede determinar el nivel de agua con el que trabajará el sistema, entre estos métodos, se encuentra el método de Densidad vs. Área, en el cual se podrá determinar la demanda de agua para los rociadores, utilizando factores tales como la densidad del fluido, el área a proteger y el tipo de riesgo (National Fire Proteccion Association, 2016). El esquema mencionado se presenta en la Imagen

Ilustración 2Densidad VS Área



En el documento contenido en la guía se dará un enfoque especial a las especificaciones que da la norma para el riesgo ligero y el riesgo ordinario. Los datos de caudal y presión mínima con la que se trabajara, se presentan la Tabla

23. Requisitos de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores.

Tabla 27 Requisitos de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores

Clasificación De la ocupación	Presión residual min. requerida		caudal		Duración (minutos)
	psi	Bar	gpm	L/min	
Riesgo leve	15	1	500-750	1893-1839	30-60
Riesgo ordinario	20	1.4	850-1500	3218-5678	60-90

(National Fire Proteccion Association, 2016)

6.13 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:

Esta 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*
- ✓ *Valvula 1½"*
- ✓ *Llave tensora*
- ✓ *Hacha*
- ✓ *Boquilla combinable*

- **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 II esta conformado por :

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

6.13.1 PRESIÓN MINIMA Y CAUDAL REQUERIDO

Para referirse a los aspectos de caudal y presión de los gabinetes, será necesario distinguir cada tipo de gabinete, dado que cada tipo de sistema de gabinete manejara sus especificaciones que lo caracterizaran (National Fire Protection Association, 2016).

- *Sistema clase I*

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*

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 clase III*

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".

Tabla 28Requ isitos de abastecimiento de agua para sistemas de gabinetes.

Caudal y tiempo de almacenamiento

Clasificación De la ocupación	Mangueras Interiores (gpm)	Mangueras Interiores y Exteriores (gpm)	Duración en minutos
Riesgo leve	0-50 o 100	100	30
Riesgo ordinario	0-50 o 100	250	60-90
Riesgo extra	0-50 o 100	500	90-120

(National Fire Protection Association, 2016)

6.14 BOMBAS

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.

6.14.1 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 25. Capacidades de bombas.

Tabla 29 Capacidades de bombas.

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

gpm	L/min.	gpm	L/min.
400	1514	4000	15140
450	1703	4500	17032
500	1892	5000	18925
750	2839		

(National Fire Protection Association, 2016)

De acuerdo a las capacidades mencionadas, la NFPA 20 ofrece un dimensionamiento de tuberías de acuerdo a las características del equipo, en la Tabla 26. Diámetro de tuberías para bombas. Se evidencia esta información.

Tabla 30 Diámetro de tuberías para bombas.

capacidad (gpm)	Tamaño mínimo de la tubería (nominal)						
	Succión (Pulg.)	Descarga (Pulg.)	Válvula de Alivio (Pulg.)	Descarga de válvula De alivio (Pulg.)	Dispositivo de medición (Pulg.)	Cantidad y tamaño de valv. De manguera (Pulg.)	Suministro de cabezal de manguera (Pulg.)
25	1	1	¾	1	1¼	1 – 1½	1
50	1½	1½	1¼	1½	2	1 – 1½	1½
100	2	2	1½	2	2½	1 – 2½	2½
150	2½	2½	2	2½	3	1 – 2½	2½
200	3	3	2	2½	3	1 – 2½	2½
250	3½	3½	2	2½	3½	1 – 2½	3
300	4	4	2½	3½	3½	1 – 2½	3
400	4	4	3	5	4	2 – 2½	4
450	5	5	3	5	4	2 – 2½	4
500	5	5	3	5	5	2 – 2½	4
750	6	6	4	6	5	3 – 2½	6
000	8	8	4	8	6	4 – 2½	6
1250	8	8	6	8	6	6 – 2½	8
1500	8	8	6	8	8	6 – 2½	8
2000	10	10	6	10	8	8 – 2½	8

2500	10	10	6	10	8	12 – 2½	10
3000	12	12	8	12	8	12 – 2½	10
3500	12	12	8	12	10	16 – 2½	12
4000	14	12	8	14	10	16 – 2½	12
4500	16	14	8	14	10	20 – 2½	12
5000	16	14	8	14	10	20 – 2½	12

(National Fire Protection Association, 2016)

6.15 DISEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se muestra la descripción general del diseño en donde se dan los aspectos principales a tener en cuenta. En este punto se brindará la configuración de la edificación, indicando número de niveles, ubicación, materiales y componentes del sistema.

En la etapa siguiente, se da uso a los lineamientos que brindan las normas NFPA y NSR-10 para determinar el riesgo bajo el cual se debe trabajar y dependiendo de este se podrá establecer una noción inicial de algunas características específicas para el sistema, tales como caudales y presiones de los componentes de la red, a su vez de acuerdo al riesgo se determinara si es necesario usar rociadores o gabinetes, o si llegara a ser necesario un sistema en el que se combinen los dos componentes.

El tercer procedimiento a realizar será el trazado de la red en el cual se determinará el recorrido de la red. Para realizar este punto debe ser de gran importancia que se considere todos los lugares que serían primordiales para brindar la protección contra incendio, para esto se debe conocer la cobertura de los rociadores y de acuerdo a este aspecto, se podrá realizar una distribución adecuada, con la finalidad de cubrir de manera apropiada toda la edificación.

El siguiente paso será el cálculo de la red, en el cual se debe iniciar desde la premisa de que cada diseño es distinto por lo cual se explicara detalladamente la metodología. Teniendo definido el tipo de rociador y gabinete que se va a implementar en el diseño, se tendrá los parámetros principales para entrar a comparar en las tablas de datos suministrados, las cuales servirán para agilizar el desarrollo del diseño.

6.15.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

Se planteará el diseño para espacios destinados para oficinas, salones, audirorios, Para el diseño de la red contra incendio de la casa de la cultura se tienen en cuenta los conceptos mencionados en la guía, se diseñará el tanque de almacenamiento de agua para la red, el sistema será abastecido por un equipo de presión por lo cual se hará el cálculo para las bombas y contará con rociadores y gabinetes según lo indica la NSR-10.

Para la zona de ubicación de este proyecto hay una temperatura ambiente de 28°C, la cual se asumirá constante para efecto de los cálculos. Según la ubicación también se puede definir el material a utilizar, ya que en la zona no hay problemas de salinidad, el material para este diseño será acero negro.

6.15.2 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

Se puede definir la clasificación para el diseño a realizar según la ocupación y el uso que tendrá la edificación. Para esto se plantea la siguiente metodología:

Para empezar, se define que la edificación, de acuerdo a la descripción del proyecto. Lo siguiente será determinar la ocupación según la Tabla Grupos y sub grupos de ocupación. En este caso particular será ocupación tipo L-2

Seguido a esto, se tiene en cuenta la configuración de los espacios. Esto para determinar el tipo de sistema de protección necesario y los componentes exigidos por la norma, Para este caso se exigen rociadores y gabinetes según lo indica la tabla Sistema de protección contra incendio según la ocupación.

Según la información obtenida en la descripción del proyecto, Se conoce que el uso de la edificación está destinado al servicio público, pero sus zonas más vulnerables son destinadas a salones y audirorios, Esto permite clasificar el riesgo del proyecto de acuerdo a los parámetros de la NFPA 13. Para este caso el riesgo será leve con en la Tabla Clasificación del riesgo según NFPA 13.

6.15.3 TRAZADO DE LA RED

Lo primero para tener en cuenta para llevar a cabo este procedimiento, es tener definido el sistema de protección que tendrá la edificación, es decir, si la edificación contara con sistema de rociadores automáticos y/o con mangueras y que radio de cobertura alcanzan estos.

Como se mencionó anteriormente este proyecto contara con un tanque de almacenamiento, un equipo de presión, además de tener mangueras y rociadores. Con base en la cobertura de área de los rociadores requeridos para el proyecto se puede comenzar el trazado de la red. Para esto se definen los siguientes pasos.

Lo principal para el trazado de la red es saber de qué manera se protegerá la edificación y los lugares que serán necesarios de proteger.

Para este caso las zonas vulnerables son los lugares destinado para archivo, oficinas, salones, auditorios y cocineta.

Por las inspecciones realizadas y evaluando el riesgo basándose en las definiciones que estipula la norma NFPA 13 sobre la cantidad y la combustibilidad de los contenidos, las tasas de liberación de calor esperadas, el potencial de liberación de energía, la altura de las estanterías de almacenamiento y la presencia de líquidos inflamables y combustibles, se pudo determinar que las áreas de mayor riesgo son la cocineta y las áreas de archivo, por consiguiente se lo define según lo expuesto anteriormente como **Riesgo leve.** De acuerdo a ellos se establece el alcance prioritario a estas zonas por la red contra incendio, en determinación a ello también se considera importante evaluar la disponibilidad del **cuerpo de bombero**

En relación de que la red contra incendios representa una manera de controlar el fuego dentro de un periodo condicionado por el tiempo de repuesta del cuerpo de bombero más cercano, estando este en un tiempo de respuesta aproximado de **20 minutos**, esto es un factor relevante para considerar dado el caso la implementación de un sistema más sencillo para mitigar este riesgo.

Se ha previsto que el sistema de protección contra incendios para la parte frontal permita el funcionamiento simultaneo de 2 hidrantes para protección de las zonas exteriores o de 3 gabinetes para la protección de zonas internas en el bloque 1 y 2 para el bloque (sistemas independientes), con la presión y caudal adecuado para ser operado por el cuerpo de bomberos o por una brigada debidamente capacitada.

6.15.3.1 Ubicación de rociadores.

Lo principal para el trazado de la red es saber de qué manera se protegerá la edificación y los lugares que serán necesarios de proteger.

Para facilidad del trazado, este se realiza en el software AutoCAD, allí se puede crear un bloque que indique el rociador y su cobertura, para ese caso la cobertura es de 5 m de diámetro. Ver planos.

6.15.3.2 Ubicación de gabinetes.

Para este proyecto tal como lo indica el numeral de clasificación del riesgo, requiere de conexiones mangueras en las rutas de emergencia. De acuerdo con esto se da una ubicación de gabinetes tipo II, ya que estos tienen conexión a bomberos de un diámetro de 2½ (Ø2½") y tienen una conexión a una manguera de diámetro de 1½" (Ø1½").

Este gabinete de tipo II con una cobertura de 30 metros de distancia logra cubrir todas las áreas vulnerables.

6.15.3.3 Ubicación de zona de reunión.

Debido a las características arquitectónicas y de espacios, se considera más pertinente que la zona de reunión antes un riesgo de este tipo debe estar localizado en el frente de la casa de la cultura y sus laterales donde hay accesos.

6.15.3.4 Ubicación del cuarto de equipos.

Para la ubicación del equipo contra incendio es necesario espacio suficiente para una bomba líder y una bomba jockey, la bomba líder debe estar separada a una distancia de 10 veces el diámetro de la tubería de succión del tanque de almacenamiento.

Para este proyecto es necesario instalar el cuarto de equipos en una caseta que se construirá en el espacio cerca de la cafetería, ya que el tanque de almacenamiento se

encuentra en esta planta. Este equipo debe tener la capacidad de llevar una presión residual mínima de 100 PSI a la conexión de la válvula de Ø2½"

Para este cuarto se realiza una configuración, en donde todos los elementos necesarios para el cuarto de equipos queden perfectamente ubicados y de fácil manipulación en caso de mantenimiento.

6.15.4 CRITERIOS PARA EL DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED

El sistema de protección contra incendios para la casa de la cultura consiste en una red que es alimentada desde el tanque de almacenamiento por medio de un sistema de bombeo. La red de protección contra incendios está conectada a la red pública de acueducto para el cuerpo de bomberos pueda disponer de agua sin depender del almacenamiento previsto.

La protección de las zonas exteriores se realiza mediante dos (2) hidrantes ubicado estratégicamente, mientras que la protección de las zonas internas se lleva a cabo con gabinetes tipo II.

Toda la red será de tubería de acero calibre 40, en las zonas internas Las tuberías de distribución se colocan por encima de las de saneamiento y por debajo de las de luz, gas y teléfono evitando colocarlas en mismo plano vertical, para sí hay ruptura no tener que retirar la superior, en el caso del hidrante (zonas externas) estarán enterrados a una profundidad aproximada de 90 cm a cota clave y este se conectara con las tuberías que alimentan los gabinetes. El hidrante será de base en 4" de diámetro para su suministro y con dos salidas de 2 ½"; en estas se podrán conectar las mangueras de ese diámetro del cuerpo de bomberos o en casos de emergencia, mangueras de 1 ½" que puedan ser controladas por personal de la brigada de incendios , para este efecto , se dispondrá de dos mangueras con acople de 2 ½" a 1 ½" en un extremo y boquilla chorro -niebla metálica de 1 ½" en el otro extremo. Las mangueras con todos sus accesorios permanecerán en el lockers ubicados en zonas cercanas al hidrante y fácilmente accesibles.

Los gabinetes son ubicados en zonas de fácil acceso y visibilidad, estos serán tipo II, consisten en una salida de 2 ½" de diámetro para el uso del cuerpo de bomberos, una manguera de 30 metros de longitud de 1 ½" para el uso interno, conectada a una válvula de 1 1/2" extintor tipo ABC, llave scanner y un hacha. LA manguera será de caucho y la boquilla tipo chorro-niebla metálica.

6.15.5 CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DE LAS REDES.

Un radio de cobertura de 60 m por cada hidrante, mediante el acople de dos (2) mangueras con una longitud de 30 m (100 ft) cada una.

Todas las zonas de la Casa de la Cultura deben quedar protegidas, no podrán existir áreas o puntos muertos.

En la atención de un eventual incendio, puedan funcionar dos gabinetes y el sistema de rociadores para la casa de la cultura el sistema de rociadores es suficiente, aunque tiene la disponibilidad de 11 gabinetes.

El caudal adecuado que se toma para el diseño es de 250 galones por minuto.

En este caso debido a que en el sector externo los trayectos son reducidos en relación al interno, los cálculos se resumen a la trayectoria más crítica (el rociador o área mas lejana en los pisos superiores para ambos bloques, en este caso será para el bloque 1 la zona destinada para auditorio y para el bloque 2 la zona destinada para las reuniones del concejo.

Las bombas principales debe suministrar 250 galones por minuto y una cabeza dinámica total de 65 m , debe haber una purga de aire.

El motor debe ser horizontal tipo abierto, corriente alterna, de 3 fases y 60 HZ. El motor debe estar capacitado para que al 115 % de la carga nominal no exceda ninguna protección, además que cumpla con los indicado en las especificaciones del proyecto eléctrico. La bomba y el motor deben ser montados en una base común de acero y se debe verificar el alineamiento una vez se hayan instalado.

Tanto el arranque como la parada de la bomba Jockey estarán controlados por un interruptor de presión (Presóstato) instalado en una tubería que conecta la descarga de la bomba Jockey con el tanque hidroacumulador, para no enviar falsas señales al tablero de control.

La presión de arranque de la bomba principal es de 109 Psi, controlada por interruptor de presión(Presóstato) y se podrá parar solamente en forma manual mediante un selector instalado en el tablero de control incendios.

Las bombas deben estar ancladas sobre un bloque de concreto cuyas dimensiones deben estar acordes con el tamaño de los equipos y cuyo peso debe ser por lo menos el doble del elemento que va a soportar. Para el conjunto de las bombas principales y la Jockey las dimensiones sugeridas serán 2.00 x 0,90 x0.30.

Durante el tiempo que demore la bomba prendida sin flujo , debe operar la válvula de alivio (de 1" de diámetro) graduada en 77.37 m.c.a (110 Psi)

Por otra parte, se debe hacer un control semanal del correcto funcionamiento y disponibilidad del equipo, mediante un retorno a tanque controlado por una válvula selenoide (2" de diámetro) normalmente cerrada, programada para estar abierta 30 minutos con un programador electrónico en el tablero de control.

Durante la realización de la prueba semanal(prendida y apagada automáticamente de la bomba principal según programador), esta maniobra no debe interferir con la operación normal del sistema, en cuando a que , si se requiere por presión la prendida de la bomba principal, esta no podrá apagarse automáticamente según señal del programador.

6.16 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE TUBERÍAS.

En el diseño de la red de distribución deberán tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño el requerido en la sección, o bloque con mayor demanda. En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos de Darcy-Weibach y Hazen-Williams, con C= 120 para tuberías de acero comercial.

La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución no será mayor de 3 m/s (10 pie/s).

La tubería principal de la red no será de diámetro inferior a (3 plg).

Las tuberías principales de la red de agua contra incendios se instalarán a 800 mm del nivel del terreno, convenientemente soportados y anclados de acuerdo a normas y prácticas aprobadas de ingeniería.

La máxima presión de trabajo admisible en cualquier punto de la red no será mayor de 0,5 kg/cm2 (150 Ib/plg2). En este sentido y en función de la curva característica de la bomba, se requerirá el uso de válvulas de recirculación y/o alivio en la descarga de las bombas, que impidan la sobre presurización del sistema en caso de bajo caudal.

Las tuberías serán de acero al carbon, según ASTM A-53 Gr. B, SCH 40 como mínimo.

Se deberá prestar especial atención a la protección del sistema de tuberías frente a la corrosión, tanto interna como externa.

No se instalarán conexiones permanentes a la red de agua contra incendio, para usos diferentes al de combate de incendios.

En la red de agua contra incendio, podrán instalarse manómetros ubicados en sitios estratégicos, con el fin de facilitar en cualquier momento la rápida comprobación de la presión en el sistema.

Las tuberías de la red de agua contra incendio se pintarán de color rojo de seguridad.

Los resultados de los cálculos de las redes, el volumen del tanque de almacenamiento y la presión necesaria de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

7 BIBLIOGRAFIA

AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –. 2012. *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10.* BOGOTA D.C. : s.n., 2012.

AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2014. *Guia practica para la aplicacion de los titulos J y K, medios de evaluacion y proteccion contra incendio NSR-10.* Bogota : s.n., 2014.

Aravena P, Rodrigo. 2015. HSEC Magazine. *HSEC Magazine.* [En línea] agosto de 2015. http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=720&edi=32&xit=la-innovacion-tecnologica-y-la-seguridad-contra-incendios..

Capote Abreu, Jorge A. 2001. *LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LA CONCEPCIÓN Y EL DISEÑO DE LOS EDIFICIOS CIVILES E INDUSTRIALES.* SANTANDER, ESPAÑA : s.n., 2001.

Clarke, Frederick b. 2001. Riesgo de incendio de diversos materiales: Introducción. [aut. libro] P.E Arthur E. Cote. *Manual de Protección Contra Incendios.* España : MAPFRE, 2001.

Dean K, Wilson. 2001. Las Alarmas de flujo de agua y la supervisión de los sistemas de rociadores . [aut. libro] P.E Arthur E. Cote. *Manual de Protección Contra Incendios .* España : MAPFRE, 2001.

Gratton, Jan. 2001. Educación para la seguridad contra incendios . [aut. libro] P.E Arthur E. Cote. *Manual de protección contra incendios.* España : MAPFRE, 2001.

ICONTEC. 2009. *NTC 1669 Norma para la instalación de conexciones de mangueras contra incendio.* Bogotá : INCONTEC, 2009. 13.220.10.

Linder, Kenneth W. 2001. Hidráulica. [aut. libro] P.E Arthur E. Cote. *Manual de Protección contra incendios.* España : MAPFRE, 2001.

Mocada, Jaime A. 2015. journal NFPA latinoamericano. [En línea] 2015. http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/1144-riesgo-o-peligro.

Mott, Robert L. 2006. *Mecánica de fluidos.* Mexico : Pearson educación , 2006. ISBN:970-26-085-8.

National Fire Proteccion Association. 2016. *NFPA 13 - Standard for the installation of splinklers systems .* Massachusetts : TIA Enclosed, 2016. 978- 145591156-1.

National Fire Protection Association. 2016. *NFPA 14 - Standard for the installation of Stanpipe and Hose Systems.* Massachusetts : TIA Enclosed, 2016. 978-145591317-6.

—. **2016.** *NFPA 20 - Standars for the installation of Stationary Pumps for Fire Protection.* Massachusetts : TIA Enclosed, 2016. 978-145591196-7.

NIÑO VELANDIA, CAMILO ANDRES. 2011. DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN EDIFICACIONES. BUCARAMANGA : s.n., 2011.

Padula, Jenna . 2006. journal NFPA latinoamericano. [En línea] 2006. http://www.nfpajla.org/~nfpajla/archivos/exclusivos-online/nfpa-desarrollo-

adopcion-de-normativa/849-los-capitulos-internacionales-de-la-nfpa-toman-impulso.

erez Carmona, Rafael. 2010. *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones.* Bogotá : Eco Ediciones , 2010. ISBN: 978-958-648-677-4.

R. Hall, Jr, Jhon y Cote, P.E, Arthur E. 2001. El Problema del Fuego y de la protección contra incendios en America. [aut. libro] P.E Arthur E. Cote. *Manual de Protección Contra incendios.* España : MAPFRE, 2001.

Saldarriaga V, Juan G. 2001. *Hidráulica de tuberías.* Bogotá : McGraw-Hill, 2001. ISBN: 958-600-831-2.

Scattaglia , Giselle Sabarich. 2008. ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO EN PLANTAS DE PROCESO EN EMPRESAS Y & V. Sartenejas : s.n., 2008.

W, L. Ingles. 2001. Bomba contra incendios . [aut. libro] Arthur E. Cote. P.E.

Manual de Protección contra Incendios. España : MAPFRE, 2001.

Wahl, Andrew M. 2001. El agua y sus aditivos en la lucha contra el fuego. [aut. libro] Arthur E Cote. *Manual de protección contra incendios.* España : MAPFRE, 2001.