

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

**ELABORACIÓN DE PROPUESTA PARA LA NORMA
NEC-SB-HS: INSTALACIONES HIDROSANITARIAS, DEL
EJE DE SERVICIOS BÁSICOS DE LA NORMA
ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

BARRIONUEVO VACA LISSETTE SARAHÍ

CORTEZ CASARES GIOVANNA JACQUELINE

*TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL*

Quito, julio 2022.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la santísima Virgen María y a San José, por protegerme y darme la fortaleza diaria.

A mis padres Tomás Barrionuevo, Blondy Vaca; mis hermanos Tomás Edison y Gissel Carolina por su increíble esfuerzo y sacrificio para que hoy goce de este privilegio.

A mi compañera de tesis Giovanna Jacqueline, por tu esfuerzo y tiempo para que hoy este triunfo sea compartido, pero sobre todo por ser mi mejor amiga y mi soporte durante todo este caminar. Mi agradecimiento y amor, colega.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y a mis queridos docentes de carrera por impartirme sus conocimientos, que privilegio y honor haber sido su alumna.

A mi director de tesis, el ingeniero Jorge Bucheli por su guía y acompañamiento durante este arduo proceso, de igual forma a los lectores el Ingeniero Diego Cajas y el Ingeniero Guillermo Flores, quienes fueron parte de mi formación académica y profesional. Gracias por los consejos y las palabras de aliento.

Atentamente.

Lissette Sarahí Barrionuevo Vaca.

A Dios y a la Virgen María, por ser siempre mi consuelo en este duro caminar.

A mis padres, Jacqueline y Giovanni, por ser mi fuente de inspiración para seguir esta carrera, por su esfuerzo incansable para que nunca me falte nada incluido su amor y apoyo. Gracias por estar para mí en mis días más difíciles así como celebrando mis logros.

A mis abuelitos, María Ernestina y Jose Julio, por hacerme la mujer que soy hoy en día, por darme siempre su amor y paciencia, por jugar conmigo a construir casitas y hacerme creer que un día yo podría construir una.

A mis amigos y compañeros de aulas, porque sin saberlo me mantuvieron firme, me dieron días llenos de alegría así como consuelo en días tristes.

A mi compañera de tesis, Sarahí Barrionuevo, por todo el esfuerzo emprendido en este trabajo que empezamos y culminamos juntas, por ser siempre mi amiga y compañera de alegrías, tristezas, fracasos y logros, gracias por permanecer junto a mí.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a la Facultad de Ingeniería, por formarme como ingeniera civil.

A mi tutor, Ing. Jorge Bucheli, así como a mis lectores Ing. Diego Cajas e Ing. Guillermo Flores por su ayuda y confianza para culminar este trabajo de titulación. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, inspiraron mi afinidad por la ingeniería hidrosanitaria.

Atentamente.

Giovanna Jacqueline Cortez Casares.

DEDICATORIA

A mis personas favoritas en el mundo, mis compañeros de batallas, este y todos mis logros son para ustedes, Tomás Enrique, Blondy María, Tomás Edison y Gissel Carolina, los amo infinitamente con cada parte de mi ser.

Giito y Domesal, amigas mías, porque sin ustedes la vida y los momentos tristes no tendría diferentes matices de colores. Son luceros que María me regalo para el camino.

Carlos Gualle, Estanislao Lojano y Bernardo Medina queridos amigos y colegas, a ustedes por no permitirme rendirme jamás. Sin darse cuenta también forjaron quien soy hoy, siempre creyeron en mí.

Compañeros de alegrías y tristezas, a ustedes, por aliviar el peso del esfuerzo y brindarme su cariño y compañía, que bella bendición son, Angelita, Naho y Alex.

A ti, Lissette Sarahí, por tu esfuerzo y dedicación, regreso la mirada al pasado y que orgullosa estoy, que valiente eres. Te mereces esto y la mujer que serás mañana mucho más.

Atentamente.

Lissette Sarahí Barrionuevo Vaca.

A mis padres, Jacqueline Casares y Giovanni Cortez, este logro es compartido, nada sería posible sin ustedes y su amor infinito. Me han enseñado que todo se consigue siendo perseverante y agradecido. Los amo infinitamente.

A Lissette Sarahí, sin ti esto no sería posible, eres la mejor amiga y compañera, contigo he librado y superado muchas batallas también hemos vivido muchas alegrías y triunfos, cada lágrima y sonrisa compartida valió la pena junto a ti amiga mía, mi corazón estará por siempre junto a ti.

A Angeles Genith, por ser mi amiga y compañera, la vida nos ha mantenido unidas apoyándonos en cada batalla así como celebrando cada victoria, tienes por siempre un lugar especial en mi corazón.

A Mercedes Alejandra y María Belén, por siempre hacerme parte de su vida, estar con ustedes llena de alegría mi vida, mi corazón está con ustedes.

A Estan, Chris, Nacho, Igna y Rogger, por caminar conmigo en esta etapa tan importante, por todos los momentos inolvidables que vivimos juntos, los llevo por siempre en mi corazón.

A mis amigos y compañeros de universidad, colegio y de vida, por todos los momentos buenos y malos compartidos, llevo una parte de ustedes en mí.

Atentamente.

Giovanna Jacqueline Cortez Casares.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad ofrecer una propuesta que sirva de base para la creación de una normativa nacional en el tema de sistemas hidrosanitarios en edificaciones, partiendo desde los sistemas de agua potable tanto de agua fría como caliente, hasta los sistemas de ventilación para la red sanitaria incluyendo el sistema de desagüe de aguas residuales y aguas lluvias. Para ello, a lo largo del segundo capítulo, fundamentación teórica, se ha considerado la normativa nacional y extranjera de última aplicación en el campo que esté relacionada con el estudio de esta temática y con su campo de aplicación, por lo que la base de este estudio son normas locales de países vecinos, la cual ha sido adaptada a la realidad nacional. El trabajo actual además describe procesos mediante el cual el calculista pueda guiarse para una correcta aplicación de los temas descritos en cada capítulo. Finalmente, en el tercer capítulo se efectúa un análisis entre la normativa actual y los avances que presenta el proyecto de tesis que aquí se entrega.

Palabras clave: Instalaciones hidrosanitarias, Edificaciones, Desagües, Agua pluvial, Ventilación.

ABSTRACT

The purpose of this work is to offer a proposal that will serve as basis for the creation of a national regulation about plumbing systems in buildings, starting from drinking water systems for both cold and hot water, to ventilation systems for the sanitary network, including wastewater and rainwater drainage systems. For this purpose, throughout the second chapter, theoretical foundation, the latest national and foreign regulations in the field related to the study of this topic and its field of application, have been considered, so that the basis of this study are local standards of neighboring countries, which have been adapted to the national reality. The current work also describes processes through which the estimator can be guided for a correct application of the topics described in each chapter. Finally, in the third chapter an analysis is made between the current standards and the advances shown in the thesis project presented here.

Keywords: Hydro sanitary installations, Buildings, Drains, Rainwater, Ventilation.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA.....	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	29
1.1. Justificación.....	29
1.2. Planteamiento del problema	30
1.3. Objetivos	31
1.3.1. Objetivo general.	31
1.3.2. Objetivos específicos.....	31
1.4. Alcance	32
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	32
2.1. Marco normativo	32
2.2. Descripción general de instalaciones hidrosanitarias	32
2.3. Sistema de distribución de agua potable para edificaciones	32
2.3.1. Simbología de los elementos de la red de distribución de agua potable. 33	
2.3.2. Elementos constitutivos de la red de distribución de agua potable. 34	
2.3.3. Materiales.	37
2.3.4. Sistemas de abastecimiento de agua potable.	38
2.3.5. Estructura de almacenamiento.....	46
2.3.6. Cantidad mínima de aparatos sanitarios.	56

2.3.7.	Caudal máximo posible.	62
2.3.8.	Caudal máximo probable. (Q.M.P)	62
2.3.9.	Diámetro mínimo de tuberías.	79
2.3.10.	Requisitos de diseño.	81
2.3.11.	Cálculo de pérdidas de carga.	86
2.3.12.	Sistema de distribución de agua caliente.	96
2.3.13.	Dimensionamiento de tuberías.	109
2.3.14.	Sistema de bombeo.	128
2.3.15.	Equipo hidroneumático.	141
2.3.16.	Pruebas en instalaciones hidráulicas.	145
2.3.17.	Prueba en estructuras de almacenamiento de agua.	147
2.4.	Sistema de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones 148	
2.4.1.	Simbología de los elementos de la red de evacuación.	148
2.4.2.	Materiales.	149
2.4.3.	Diámetros comerciales.	150
2.4.4.	Tipos de sistemas de evacuación.	151
2.4.5.	Sistema de evacuación de aguas residuales.	157
2.4.6.	Sistema de evacuación de aguas pluviales.	204
2.4.7.	Sistema de desagüe combinado aguas residuales y agua lluvias. ...	240
2.4.8.	Sistema de ventilación.	242
3.	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: INSTALACIONES HIDROSANITARIAS, DEL EJE DE SERVICIOS BÁSICOS DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN	256

3.1. Introducción.....	256
3.2. Objetivo	256
3.3. Marco normativo	257
3.4. Descripción general de instalaciones hidrosanitarias	257
3.5. Sistema de distribución de agua potable para edificaciones	257
3.5.1. Simbología de los elementos de la red de distribución de agua potable.	258
3.5.2. Planos.....	259
3.5.3. Elementos constitutivos de la red de distribución de agua potable.	259
3.5.4. Materiales.	263
3.5.5. Sistemas de abastecimiento de agua potable.	264
3.5.6. Estructura de almacenamiento.....	272
3.5.7. Cantidad mínima de aparatos sanitarios.	279
3.5.8. Caudal máximo posible.	285
3.5.9. Caudal máximo probable. (Q.M.P)	285
3.5.10. Diámetro mínimo de tuberías.	295
3.5.11. Requisitos de diseño.	297
3.5.12. Cálculo de pérdidas de carga.	302
3.5.13. Sistema de distribución de agua caliente.....	310
3.5.14. Dimensionamiento de tuberías.	321
3.5.15. Sistema de bombeo.....	336
3.5.16. Equipo hidroneumático.....	349
3.5.17. Pruebas en instalaciones hidráulicas.....	353

3.5.18. Prueba en estructuras de almacenamiento de agua.....	354
3.6. Sistema de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones	356
3.6.1. Simbología de los elementos de la red de evacuación.....	356
3.6.2. Materiales.	357
3.6.3. Diámetros comerciales.	358
3.6.4. Tipos de sistemas de evacuación.	359
3.6.5. Sistema de evacuación de aguas residuales.....	364
3.6.6. Sistema de evacuación de aguas pluviales.	405
3.6.7. Sistema de desagüe combinado aguas residuales y agua lluvias...421	
3.6.8. Sistema de ventilación.	422
4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE NORMA NEC-11, Capítulo 16, denominado “Norma hidrosanitaria NHE Agua” Y LA PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias.....	432
4.1. Punto 1 de análisis: Definiciones	432
4.2. Punto 2 de análisis: Sistemas de agua potable, agua fría	433
4.3. Punto 3 de análisis: Sistemas de agua potable, agua caliente.....	433
4.4. Punto 4 de análisis: Sistemas de agua potable, sistemas de bombeo e hidroneumático.....	434
4.5. Punto 5 de análisis: Sistemas de desagüe sanitario	434
4.6. Punto 6 de análisis: Sistemas de ventilación	435
4.7. Punto 6 de análisis: Sistemas de desagüe pluvial.....	436
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	437
5.1. Conclusiones	437

5.2. Recomendaciones	438
BIBLIOGRAFÍA.....	439

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Simbología de los elementos de la red de distribución.</i>	33
Tabla 2. <i>Tuberías y accesorios para tuberías de distribución de agua potable para edificaciones y la norma correspondiente.</i>	38
Tabla 3. <i>Tasa de ocupación de edificios públicos y privados.</i>	47
Tabla 4. <i>Dotaciones para distintas edificaciones.</i>	48
Tabla 5. <i>Dotaciones.</i>	50
Tabla 6. <i>Tabla cálculo de dotación.</i>	51
Tabla 7. <i>Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.</i>	57
Tabla 8. <i>Caudal mínimo según la norma francesa.</i>	64
Tabla 9. <i>Coeficiente para menos de 5 aparatos sanitarios según la norma francesa.</i>	66
Tabla 10. <i>Unidades de gasto, método de Hunter.</i>	69
Tabla 11. <i>Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios.</i>	73
Tabla 12. <i>Tabla para estimación de demanda.</i>	76
Tabla 13. <i>Diámetros mínimos para tuberías de suministro de agua a los aparatos hidrosanitarios.</i>	80
Tabla 14. <i>Capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro de los aparatos hidrosanitarios.</i>	81
Tabla 15. <i>Presiones y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.</i>	84
Tabla 16. <i>Coeficiente de Flamant.</i>	88
Tabla 17. <i>Coeficiente de fricción, método Hazen-Williams.</i>	88
Tabla 18. <i>Coeficiente de rugosidad (k) en tuberías.</i>	90

Tabla 19. <i>Valores de la viscosidad cinemática del agua (v)</i>	90
Tabla 20. <i>Coefficiente k</i>	92
Tabla 21. <i>Pérdida de presión en accesorios y válvulas expresado como longitud equivalente de tubería a m (pies)</i>	94
Tabla 22. <i>Tolerancia en la longitud equivalente de la tubería para pérdidas por fricción en válvulas y accesorios con rosca m (pies)</i>	95
Tabla 23. <i>Dotación de agua caliente</i>	97
Tabla 24. <i>Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente</i>	106
Tabla 25. <i>Requerimientos estimados de agua caliente en varios tipos de edificaciones con calentadores, con almacenamiento. Demanda en litros por hora por aparato sanitario, calculada con temperatura final de 60 °C</i>	107
Tabla 26. <i>Información del proyecto</i>	118
Tabla 27. <i>Información general para la estimación de caudales</i>	118
Tabla 28. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de la norma francesa</i>	119
Tabla 29. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter original</i>	120
Tabla 30. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter modificado</i>	120
Tabla 31. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias</i>	121
Tabla 32. <i>Información general para el dimensionamiento de tuberías</i>	121
Tabla 33. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte I</i>	123

Tabla 34. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte II.</i>	124
Tabla 35. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Flamant.</i>	124
Tabla 36. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Hazen-Williams.</i>	125
Tabla 37. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.</i>	125
Tabla 38. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga localizadas.</i>	126
Tabla 39. <i>Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Coeficiente k.</i>	127
Tabla 40. <i>Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.</i>	127
Tabla 41. <i>Selección de bombas centrifugas según el tipo de rotor.</i>	130
Tabla 42. <i>Diámetro de la tubería de impulsión.</i>	134
Tabla 43. <i>Disminución de la presión atmosférica.</i>	137
Tabla 44. <i>Presión del vapor de agua.</i>	138
Tabla 45. <i>Coeficiente K en función de la potencia de la bomba.</i>	144
Tabla 46. <i>Simbología de los elementos de la red de evacuación.</i>	148
Tabla 47. <i>Tuberías y accesorios para tuberías de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones y la norma correspondiente.</i>	149
Tabla 48. <i>Dimensiones de tubos PVC rígidos.</i>	150
Tabla 49. <i>Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales.</i>	155
Tabla 50. <i>Coeficiente de rugosidad de Manning.</i>	171

Tabla 51. <i>Variación de caudal en función de la altura de llenado. Tabla de Thormann y Franke.</i>	172
Tabla 52. <i>Unidades de desagüe para aparatos sanitarios y grupos.</i>	178
Tabla 53. <i>Unidades de desagüe para aparatos sanitarios o sifones.</i>	181
Tabla 54. <i>Unidades de descarga para diferentes aparatos sanitarios.</i>	182
Tabla 55. <i>Unidades de descarga para otros aparatos sanitarios.</i>	183
Tabla 56. <i>Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante.</i>	184
Tabla 57. <i>Unidades de desagüe para colectores generales.</i>	185
Tabla 58. <i>Diámetros de los colectores horizontales en función de la pendiente y de las unidades de descarga.</i>	186
Tabla 59. <i>Diámetros de los bajantes según la altura de la edificación y el número de UD.</i>	187
Tabla 60. <i>Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes.</i>	188
Tabla 61. <i>Unidades de gasto de aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas.</i>	189
Tabla 62. <i>Capacidad de interceptores de grasa^a.</i>	190
Tabla 63. <i>Dimensiones de caja de revisión.</i>	193
Tabla 64. <i>Tabla de dimensionamiento de derivaciones simples.</i>	197
Tabla 65. <i>Tabla de dimensionamiento de derivaciones en colector.</i>	198
Tabla 66. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte I.</i>	199
Tabla 67. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte II.</i>	199

Tabla 68. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte III.</i>	200
Tabla 69. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte IV.</i>	201
Tabla 70. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte V.</i>	202
Tabla 71. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes.</i>	203
Tabla 72. <i>Número mínimo de sumideros.</i>	207
Tabla 73. <i>Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.</i>	209
Tabla 74. <i>Diámetros de una canaleta para un régimen pluviométrico de 100 mm/h.</i>	213
Tabla 75. <i>Diámetros de las bajantes de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.</i>	213
Tabla 76. <i>Diámetros de los colectores de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.</i>	214
Tabla 77. <i>Dimensionamiento de ramales y bajantes circulares de desagüe pluvial.</i>	215
Tabla 78. <i>Dimensionamiento de ramales y bajantes rectangulares de desagüe pluvial.</i>	216
Tabla 79. <i>Dimensionamiento de colectores.</i>	217
Tabla 80. <i>Dimensionamiento de canaletas semicirculares.</i>	219
Tabla 81. <i>Dimensionamiento de ramales y bajantes.</i>	221
Tabla 82. <i>Dimensionamiento de colectores.</i>	221
Tabla 83. <i>Dimensionamiento de canaletas.</i>	222
Tabla 84. <i>Tabla de intensidad de lluvia.</i>	230

Tabla 85. <i>Tabla de número mínimo de sumideros.</i>	230
Tabla 86. <i>Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.</i>	231
Tabla 87. <i>Tabla de dimensionamiento de canaletas, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.</i>	231
Tabla 88. <i>Tabla de dimensionamiento de canaletas, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.</i>	231
Tabla 89. <i>Tabla de caudal de diseño.</i>	232
Tabla 90. <i>Tabla de dimensionamiento de canaletas, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función caudal de diseño.</i>	233
Tabla 91. <i>Tabla de dimensionamiento de ramales, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.</i>	233
Tabla 92. <i>Tabla de caudal de diseño.</i>	234
Tabla 93. <i>Tabla de dimensionamiento de ramales, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.</i>	234
Tabla 94. <i>Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.</i>	235
Tabla 95. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.</i>	235
Tabla 96. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.</i>	236
Tabla 97. <i>Tabla de caudal de diseño.</i>	236
Tabla 98. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.</i>	237
Tabla 99. <i>Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.</i>	237
Tabla 100. <i>Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.</i>	238

Tabla 101. <i>Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.</i>	238
Tabla 102. <i>Tabla de caudal de diseño.</i>	239
Tabla 103. <i>Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.</i>	239
Tabla 104. <i>Dimensiones y desarrollo longitudinal de bajantes de ventilación.</i>	248
Tabla 105. <i>Dimensionamiento de columnas de ventilación.</i>	250
Tabla 106. <i>Diámetro de ramales de ventilación.</i>	252
Tabla 107. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes de ventilación.</i>	254
Tabla 108. <i>Tabla de dimensionamiento de ramales de ventilación.</i>	255
Tabla 109. <i>Simbología de los elementos de la red de distribución.</i>	258
Tabla 110. <i>Tuberías y accesorios para tuberías de distribución de agua potable para edificaciones y la norma correspondiente.</i>	263
Tabla 111. <i>Tasa de ocupación de edificios públicos y privados.</i>	273
Tabla 112. <i>Dotaciones.</i>	274
Tabla 113. <i>Tabla cálculo de dotación.</i>	275
Tabla 114. <i>Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.</i>	280
Tabla 115. <i>Caudal mínimo según la norma francesa.</i>	286
Tabla 116. <i>Coficiente para menos de 5 aparatos sanitarios según la norma francesa.</i>	288
Tabla 117. <i>Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios^a.</i>	290
Tabla 118. <i>Tabla para estimación de demanda.</i>	292

Tabla 119. <i>Diámetros mínimos para tuberías de suministro de agua a los aparatos hidrosanitarios.</i>	296
Tabla 120. <i>Capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro de los aparatos hidrosanitarios.</i>	297
Tabla 121. <i>Presiones y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.</i>	299
Tabla 122. <i>Coefficiente de Flamant.</i>	302
Tabla 123. <i>Coefficiente de fricción, método Hazen-Williams.</i>	303
Tabla 124. <i>Coefficiente de rugosidad (k) en tuberías.</i>	305
Tabla 125. <i>Valores de la viscosidad cinemática del agua (v).</i>	305
Tabla 126. <i>Coefficiente k.</i>	307
Tabla 127. <i>Pérdida de presión en accesorios y válvulas expresado como longitud equivalente de tubería a m (pies).</i>	308
Tabla 128. <i>Tolerancia en la longitud equivalente de la tubería para pérdidas por fricción en válvulas y accesorios con rosca m (pies).</i>	309
Tabla 129. <i>Dotación de agua caliente.</i>	311
Tabla 130. <i>Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente.</i>	319
Tabla 131. <i>Requerimientos estimados de agua caliente en varios tipos de edificaciones con calentadores, con almacenamiento. Demanda en litros por hora por aparato sanitario, calculada con temperatura final de 60 °C.</i>	320
Tabla 132. <i>Información del proyecto.</i>	326
Tabla 133. <i>Información general para la estimación de caudales.</i>	327
Tabla 134. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de la norma francesa.</i>	327

Tabla 135. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter original.</i>	328
Tabla 136. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter modificado.</i>	329
Tabla 137. <i>Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.</i>	329
Tabla 138. <i>Información general para el dimensionamiento de tuberías.</i>	330
Tabla 139. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte I.</i>	332
Tabla 140. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte II.</i>	332
Tabla 141. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Flamant.</i>	333
Tabla 142. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Hazen-Williams.</i>	334
Tabla 143. <i>Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.</i>	334
Tabla 144. <i>Información general para el cálculo de pérdidas de carga localizadas.</i>	335
Tabla 145. <i>Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Coeficiente k.</i>	335
Tabla 146. <i>Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.</i>	336
Tabla 147. <i>Selección de bombas centrifugas según el tipo de rotor.</i>	339
Tabla 148. <i>Diámetro de la tubería de impulsión.</i>	341

Tabla 149. <i>Disminución de la presión atmosférica</i>	345
Tabla 150. <i>Presión del vapor de agua</i>	346
Tabla 151. <i>Coefficiente K en función de la potencia de la bomba</i>	352
Tabla 152. <i>Simbología de los elementos de la red de evacuación</i>	356
Tabla 153. <i>Tuberías y accesorios para tuberías de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones y la norma correspondiente</i>	357
Tabla 154. <i>Dimensiones de tubos PVC rígidos</i>	358
Tabla 155. <i>Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales</i>	363
Tabla 156. <i>Coefficiente de rugosidad de Manning</i>	378
Tabla 157. <i>Variación de caudal en función de la altura de llenado. Tabla de Thormann y Franke</i>	379
Tabla 158. <i>Diámetros para aparatos sanitarios y grupos</i>	384
Tabla 159. <i>Unidades de descarga para aparatos sanitarios o sifones</i>	387
Tabla 160. <i>Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante</i>	388
Tabla 161. <i>Diámetros de colectores generales</i>	389
Tabla 162. <i>Diámetros para bajantes</i>	390
Tabla 163. <i>Unidades de gasto de aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas</i>	391
Tabla 164. <i>Capacidad de interceptores de grasa^a</i>	392
Tabla 165. <i>Dimensiones de caja de revisión</i>	394
Tabla 166. <i>Tabla de dimensionamiento de derivaciones simples</i>	399
Tabla 167. <i>Tabla de dimensionamiento de derivaciones en colector</i>	399

Tabla 168. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte I.</i>	400
Tabla 169. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte II.</i>	401
Tabla 170. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte III.</i>	402
Tabla 171. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte IV.</i>	402
Tabla 172. <i>Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte V.</i>	403
Tabla 173. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes.</i>	404
Tabla 174. <i>Número mínimo de sumideros.</i>	408
Tabla 175. <i>Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.</i>	409
Tabla 176. <i>Dimensionamiento de ramales y bajantes.</i>	411
Tabla 177. <i>Dimensionamiento de colectores.</i>	412
Tabla 178. <i>Dimensionamiento de canaletas.</i>	413
Tabla 179. <i>Tabla de intensidad de lluvia.</i>	416
Tabla 180. <i>Tabla de número mínimo de sumideros.</i>	417
Tabla 181. <i>Tabla de caudal de diseño para canaletas.</i>	417
Tabla 182. <i>Tabla de dimensionamiento de canaletas.</i>	418
Tabla 183. <i>Tabla de caudal de diseño para ramales.</i>	418
Tabla 184. <i>Tabla de dimensionamiento de ramales.</i>	419
Tabla 185. <i>Tabla de caudal de diseño para bajantes.</i>	419
Tabla 186. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes.</i>	420

Tabla 187. <i>Tabla de caudal de diseño para colectores.</i>	420
Tabla 188. <i>Tabla de dimensionamiento de colectores.</i>	421
Tabla 189. <i>Dimensiones y desarrollo longitudinal de bajantes de ventilación.</i> 426	
Tabla 190. <i>Tabla de dimensionamiento de bajantes de ventilación.</i>	430
Tabla 191. <i>Tabla de dimensionamiento de ramales de ventilación.</i>	430
Tabla 192. <i>Matriz comparativa. Definiciones.</i>	432
Tabla 193. <i>Matriz comparativa. Sistema de abastecimiento de agua fría.</i>	433
Tabla 194. <i>Matriz comparativa. Sistema de abastecimiento de agua caliente.</i> .433	
Tabla 195. <i>Matriz comparativa. Sistemas de bombeo e hidroneumático.</i>	434
Tabla 196. <i>Matriz comparativa. Sistema de desagüe.</i>	434
Tabla 197. <i>Matriz comparativa. Sistema de ventilación.</i>	435
Tabla 198. <i>Matriz comparativa. Sistema de evacuación de aguas lluvia.</i>	436

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sistema directo.	40
Ilustración 2. Sistema indirecto con tanque elevado.	42
Ilustración 3. Sistema indirecto con cisterna y tanque de almacenamiento.....	43
Ilustración 4. Sistema indirecto con tanque hidroneumático.	44
Ilustración 5. Sistema mixto. Abastecimiento por gravedad y abastecimiento directo.....	46
Ilustración 6. Detalle de tubería de respiradero.	55
Ilustración 7. Vista en planta de la cisterna.	56
Ilustración 8. Coeficiente en función del número de aparatos.....	67
Ilustración 9. Curva de Hunter para el cálculo de gastos pequeños.	70
Ilustración 10. Curva de Hunter para el cálculo de grandes gastos.	71
Ilustración 11. Sistema de tanque elevado.....	129
Ilustración 12. Diagrama de bombas en paralelo.....	132
Ilustración 13. Sistema de evacuación forzada de tipo unitario.	152
Ilustración 14. Sistema de evacuación forzada de tipo separativo.	153
Ilustración 15. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico I.	157
Ilustración 16. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico II.....	158
Ilustración 17. Descarga de ramales sanitarios en un desvío de la bajante sanitaria. Vivienda con más de 4 pisos.....	160
Ilustración 18. Detalle en planta de conexión entre derivaciones y colector común.	162

Ilustración 19. Conexión terminal de bajante y red de colector colgado.....	162
Ilustración 20. Red de colectores enterrados.	164
Ilustración 21. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo I.....	165
Ilustración 22. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo II.	166
Ilustración 23. Sección de tubo parcialmente lleno.	175
Ilustración 24. Sumidero para evacuación de agua pluvial.	205
Ilustración 25. Canaleta pluvial.	205
Ilustración 26. Tramos de ventilación primaria sobre cubierta plana y techos.	244
Ilustración 27. Conexión a redes de ventilación secundaria.....	245
Ilustración 28. Ejemplo de redes de ventilación primaria y secundaria	246
Ilustración 29. Conexión a redes de ventilación terciaria.....	247
Ilustración 30. Sistema directo.	266
Ilustración 31. Sistema indirecto con tanque elevado.....	268
Ilustración 32. Sistema indirecto con cisterna y tanque de almacenamiento....	269
Ilustración 33. Sistema indirecto con tanque hidroneumático.	270
Ilustración 34. Sistema mixto. Abastecimiento por gravedad y abastecimiento directo.....	272
Ilustración 35. Detalle de tubería de respiradero.	278
Ilustración 36. Vista en planta de la cisterna.	279
Ilustración 37. Coeficiente en función del número de aparatos.....	289
Ilustración 38. Sistema de tanque elevado.....	337
Ilustración 39. Diagrama de bombas en paralelo.....	340
Ilustración 40. Sistema de evacuación forzada de tipo unitario.	360

Ilustración 41. Sistema de evacuación forzada de tipo separativo.	361
Ilustración 42. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico I.	364
Ilustración 43. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico II.	365
Ilustración 44. Descarga de ramales sanitarios en un desvío de la bajante sanitaria. Vivienda con más de 4 pisos.	367
Ilustración 45. Detalle en planta de conexión entre derivaciones y colector común.	369
Ilustración 46. Conexión terminal de bajante y red de colector colgado.	369
Ilustración 47. Red de colectores enterrados.	371
Ilustración 48. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo I.	372
Ilustración 49. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo II.	373
Ilustración 50. Sección de tubo parcialmente lleno.	382
Ilustración 51. Tramos de ventilación primaria sobre cubierta plana y techos.	424
Ilustración 52. Conexión a redes de ventilación secundaria.	425
Ilustración 53. Conexión a redes de ventilación terciaria.	426

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) tiene como objetivo responder a los requerimientos de la sociedad respecto a la calidad de la edificación, mediante la regularización de parámetros mínimos que garanticen la calidad de vida de la población ecuatoriana, aportando así a una cultura de protección y prevención, por lo que es de fundamental su cumplimiento a nivel nacional, en consecuencia los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán regirse bajo dicha norma para la evaluación de proyectos y procesos de construcción, ya sea una construcción nueva, en rehabilitación o ampliación.

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) (s.f.), ente rector que promueve la Norma Ecuatoriana de la Construcción, a través del Subsecretaría de Hábitat y Espacio Público, manifiesta que la información en la NEC se encuentra estructurada por capítulos, los mismos que se clasifican en tres ejes: Seguridad Estructural (NEC-SE); Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC- SB), además de la inclusión de Documentos Reconocidos (NEC-DR) el cual contiene incluye información adicional de los demás capítulos.

Sin embargo, dentro del eje de Servicios Básicos no se encuentra vigente el capítulo de Instalaciones Hidrosanitarias, este no ha sido actualizado por lo cual se sigue regulando según lo establecido por la NEC-11, Capítulo 16, denominado “Norma hidrosanitaria NHE Agua”, es por ello que conforme a lo expresado en el Oficio Nro. MIDUVI-SHEP-2020-0109-O, del 23 de julio de 2020, el MIDUVI extendió una invitación a la Facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, debido a su experticia y experiencia, con el fin de realizar un convenio de cooperación interinstitucional para la elaboración del anteproyecto del capítulo NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, debido a los cual se ha desplegado una convocatoria para que dos

estudiantes puedan colaborar con la elaboración de la propuesta, esto como trabajo de disertación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

La falta de un capítulo dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción que explique de manera clara y concisa las especificaciones mínimas para garantizar el diseño correcto de las instalaciones hidrosanitarias lleva al planteamiento de una propuesta que de paso a la elaboración de dicho capítulo garantizando así el objetivo de la NEC.

Las instalaciones hidrosanitarias conforman un sistema de primordial importancia en la vida de las personas ya que son sinónimo de dignidad, calidad de vida, higiene y saneamiento; el agua que es conducida y almacenada a través de estas sirve para consumo humano, limpieza personal, actividades de limpieza, riego de plantas, entre otras, además dichas instalaciones incluyen el drenaje de aguas servidas y aguas lluvias, evitando así el desarrollo de múltiples enfermedades, adicionalmente el sistema de desagüe requiere del sistema de ventilación para así evitar la presencia de gases y malos olores en las zonas habitadas o con afluencia de personas, todo esto convierte a las instalaciones hidrosanitarias en un ente indispensable en toda obra civil que lo requiera.

1.2. Planteamiento del problema

Tal como fue expresado mediante el Oficio Nro. MIDUVI-SHEP-2020-0109-O, mencionado anteriormente, se plantea la elaboración de la propuesta del capítulo NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias, el cual es un preámbulo para la elaboración del capítulo en sí, de allí la importancia de abarcar todos los factores técnicos involucrados en el diseño de instalaciones hidrosanitarias.

Por ello el enfoque principal serán todos los parámetros técnicos influyentes dentro del diseño y ejecución de las instalaciones hidrosanitarias, desde la acometida de la red pública hasta conducción mediante tuberías y accesorios respectivos, que proveen de agua a las distintas zonas de una construcción, así como la posterior evacuación de las aguas servidas y aguas lluvias, a través del sistema de desagüe, el cual trabaja de manera conjunta con el sistema de ventilación.

Dentro de los parámetros técnicos influyentes se encuentran la dotación de agua por día dependiendo del tipo de edificación, la demanda de caudal de los aparatos sanitarios, el dimensionamiento de las tuberías tanto de dotación, de descarga de agua, así como de ventilación, pérdidas de carga, entre otras.

Todo el proceso incluye el diseño de tuberías de la red de dotación de agua y de evacuación de aguas servidas y pluviales, incluido el sistema de ventilación, así como el dimensionamiento de la cisterna incluido la reserva contra incendios, diseño del sistema de bombeo, y todos los sub trabajos que estos involucren, no todos estos parámetros se encuentran actualmente especificados en la Norma hidrosanitaria NHE Agua, por lo cual en varias ocasiones se debe recurrir a normas extranjeras que contengan dichos temas, la aplicación de dichas normas no se encuentran actualmente reguladas, además no se garantiza su aplicabilidad a la realidad nacional.

Se recurrirá a normativas hidrosanitarias internacionales y normativas nacionales previas, en busca de los parámetros que se adopten de mejor manera a la realidad nacional, para garantizar un suministro, distribución y desalojo adecuado de agua, esto con el fin de completar y mejorar la norma nacional que sirve como guía para el diseño de instalaciones hidrosanitarias.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Elaborar propuesta de diseños hidráulicos y sanitarios, para la norma NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Elaborar una propuesta de guía de diseño para las instalaciones hidráulicas del sistema de agua potable, desde su abastecimiento hasta la red de distribución.
- Elaborar una propuesta de guía de diseño para las instalaciones sanitarias del sistema aguas servidas.

- Elaborar una propuesta de guía de diseño para las instalaciones sanitarias del sistema de aguas lluvias.
- Elaborar una propuesta de guía de diseño para las instalaciones sanitarias del sistema de ventilación de la red de aguas servidas.

1.4. Alcance

Se elaborará guías de diseño para las instalaciones hidráulicas y sanitarias para los sistemas de agua potable, aguas servidas, ventilación sanitaria y sistema de aguas lluvias, de manera que sean incluidos todos los parámetros técnicos necesarios para el desarrollo de los diseños, para establecer la propuesta de la norma NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Marco normativo

- Normativa Nacional.
- Normativa Colombiana.
- Normativa Peruana.
- Normativa Norteamericana.
- Normativa Francesa.

2.2. Descripción general de instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias comprenden los materiales y artefactos utilizados en la instalación, mantenimiento, extensión y modificación de toda la tubería, artefactos, aparatos y accesorios sanitarios, dentro o adyacentes a cualquier estructura, en conexión con sistemas de desagüe sanitario, pluvial, sistema de ventilación, y sistemas de abastecimiento de agua (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). Las instalaciones hidrosanitarias ofrecen servicios al usuario enfocados a mejorar las condiciones de habitabilidad en una vivienda, se puede considera que una vivienda sin dichas instalaciones es inhabitable.

2.3. Sistema de distribución de agua potable para edificaciones

El sistema de abastecimiento de agua potable para edificaciones consiste en las instalaciones de redes interiores y exteriores de tuberías, así como los accesorios que van














desde la acometida hasta cada uno de los aparatos sanitarios o puntos de consumo, que trabaja de manera constante, especialmente bajo condiciones de demanda pico, tanto para la red de agua fría como para la red de agua caliente.



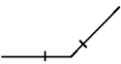


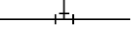
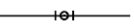

Todo aparato sanitario, dispositivo o mueble que requiere del uso de agua para su correcto funcionamiento debe estar conectado a la red de abastecimiento de agua pública o municipal de acuerdo con las disposiciones posteriormente especificadas (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.1. Simbología de los elementos de la red de distribución de agua potable.

Con el fin de estandarizar la simbología y nomenclatura utilizada en planos de diseño e informes de cálculo, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1. *Simbología de los elementos de la red de distribución.*

Símbolo	Significado
	Punto de consumo
	Llave de paso
	Llave de paso con grifo vaciado
	Acometida
	Válvula reductora de presión
	Válvula de retención
	Bomba
	Depósito de agua caliente
	Contador general
	Deposito atmosférico con válvula de flotador
	Medidor de agua
	Tubería de agua fría
	Cruce de tubería sin conexión

	Cruz
	Codo a 90°
	Codo a 45°
	Codo de 90° sube
	Codo de 90° baja
	Tee
	Tee con subida
	Tee con bajada

La tabla se elaboró utilizando el borrador de la Norma NEC11 y la Norma Técnica I.S. 010 “Instalaciones sanitarias para edificaciones de Perú”.

2.3.2. Elementos constitutivos de la red de distribución de agua potable.

Los elementos que constituyen el sistema de la red de agua potable para suministro de agua en edificaciones son:

2.3.2.1. Acometida.

Une la red pública de distribución de agua potable con la red de predial de agua potable a abastecer. Consta de: Tubería de acometida, collarín de toma, llave de corte general y tubería de alimentación.

Tubería de acometida. – Corresponde al ramal que permite el enlace hidráulico entre la red pública con un collarín hasta la toma con la llave de corte general también conocida como llave de registro.

Collarín de toma o llave de toma. – Se encuentra accesible para su manejo generalmente frente de la edificación a abastecer, se instala exteriormente y de forma envolvente en una sección de la tubería de abastecimiento, permitiendo realizar la toma en carga sin la interrupción del suministro de agua.

Llave de corte general o llave de registro. – Se encuentra ubicada en el exterior de la edificación, específicamente en la acera o en la vía pública.

Tubería de alimentación. – Corresponde al enlace hidráulico desde la llave de corte general hacia el contador general o batería de contadores. De preferencia debe estar visible para facilitar su inspección y el control de fugas de agua en sus extremos.

2.3.2.2. Medidores.

Los medidores de agua o hidrómetros deberán ser instalados en todo tipo de inmueble sea residencial, comercial, institucional o industrial. Toda instalación de hidrómetros debe ser realizada en un lugar visible y de fácil lectura tanto para el usuario como para la entidad competente.

En edificaciones de múltiples usos, como el residencial, comercial o institucional, deberán contar con hidrómetros independientes para cada tipo de consumo. Cada medidor deberá contar con un sistema de prevención de contaminación a la red pública conformada por una válvula antirretorno y una llave de paso.

En edificios donde existan dos o más apartamentos o conjuntos residenciales con 2 o más casas, se deberá contar con un medidor general provisto por la entidad competente, asimismo, cada departamento o unidad de vivienda deberá ser provisto de un medidor individualizado.

2.3.2.3. Alimentación principal.

Enlace hidráulico que va desde el contador general o batería de contadores hasta la estructura de almacenamiento.

2.3.2.4. Montantes, tubería ascendente o descendente.

También conocidas como columnas, son tuberías instaladas en línea vertical que sirven para abastecer a los ramales de agua potable, desde una estructura de almacenamiento superior o inferior hacia todos los niveles de la edificación.

2.3.2.5. *Ramales o derivaciones colectivas.*

Son líneas hidráulicas que abastecen a nudos de consumo comunitarios o grifos de servicio, se caracterizan por no tener contadores individuales; inician su recorrido desde el montante hasta dichos nudos (Pérez Carmona, 2015).

2.3.2.6. *Subramales o derivaciones particulares.*

Son líneas hidráulicas que recorren zonas de subdivisión desde las derivaciones colectivas hasta los nudos de consumo particulares. Estas instalaciones se componen de:

Válvula de corte interna. - Llave instalada en el interior o en una zona accesible a la subdivisión de la propiedad, la cual permite el corte del suministro únicamente de la subdivisión.

Líneas hidráulicas internas. - Corresponden a las derivaciones propias de la subdivisión de la propiedad, repartidas para abastecer a los muebles o aparatos sanitarios y nudos de consumo internos.

2.3.2.7. *Puntos de consumo.*

Constituye las salidas de agua de la red de abastecimiento correspondiente a la subdivisión, para brindar servicio y suministro al usuario a través de los muebles sanitarios.

2.3.2.8. *Muebles o aparatos sanitarios.*

Son todos aquellos aparatos que requieren el uso de agua potable para su funcionamiento, están conectados a los puntos de consumo y tienen un desagüe para la evacuación de aguas residuales, además cada uno debe llevar su propia llave de corte. La clasificación y los requisitos dimensionales de los aparatos sanitarios se encuentran en la NTE INEN 1569.

2.3.2.9. *Válvulas de cierre o control.*

Las válvulas de control son usadas para controlar el flujo de un fluido, deben ubicarse en un lugar accesible para su fácil operación y mantenimiento.

Cada baño, cocina, lavandería o conjunto de artefactos sanitarios, ubicados en un mismo ambiente, deberían contar con una válvula de cierre o control.

2.3.2.10. Retratamiento.

Sistema de saneamiento in situ, encargado del tratamiento y reusó de aguas residuales de la edificación en estudio, siempre que se garantice la calidad, seguridad y economía para su uso.

2.3.2.11. Estructura de almacenamiento.

Depósito estructural para el almacenamiento de agua potable, generalmente enterrado, que suministrará de agua potable a la edificación a través de un sistema de bombeo.

2.3.2.12. Sistema de bombeo.

Lo conforma el grupo motor-bomba y en casos específicos un depósito hidroneumático, que transmiten energía al fluido. Normalmente se utiliza cuando la presión disponible no es suficiente para trasegar el agua hasta el punto más crítico, con la presión requerida.

2.3.2.13. Equipo hidroneumático.

El equipo hidroneumático tiene por finalidad entregar un caudal variable a una presión también variable entre una máxima y una mínima. Su funcionamiento se basa una compresión y una descompresión que sufre el volumen de aire contenido en el tanque. El agua es introducida por una bomba y extraída a través de un orificio conectado al sistema (Castillo Anselmi, 2014).

2.3.3. Materiales.

Las tuberías de distribución de agua potable deben ser fabricadas con material libre de sustancias tóxicas que puedan alterar las propiedades y calidad del agua potable abastecida por el proveedor del servicio.

Las tuberías de distribución de agua potable que son empleadas para instalaciones domiciliarias podrán ser fabricadas de los siguientes materiales: tuberías de policloruro de

vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), hierro galvanizado o cobre, etc.

Tabla 2. *Tuberías y accesorios para tuberías de distribución de agua potable para edificaciones y la norma correspondiente.*

Material y/o accesorios	Norma
Tubos y accesorios de policloruro de vinilo (PVC) no plastificado para presión.	NTE INEN 1373
Tubos de PVC rígido unión por rosca, para conducción de agua potable a presión. Cédula 80.	NTE INEN 2497
Tubos de polipropileno (PP) para unión por rosca en sistemas de conducción de agua fría y caliente a presión.	NTE INEN 2955
Tubos de polietileno para conducción de agua a presión.	NTE INEN 1744
Tubos de acero al carbono negros y galvanizados, con y sin costura para conducción de fluidos.	NTE INEN 2470
Tubos de cobre o aleación de cobre	ASTM B42; ASTM B302; ASTM B75; ASTM B88; ASTM B251; ASTM B447

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Sistemas de abastecimiento de agua potable.

El objetivo y la función de un sistema de abastecimiento de agua potable para una edificación es suministrar al usuario agua potable, apta para consumo humano u otros usos, en cantidad suficiente y con una presión adecuada, durante las 24 horas del día a

través de los diversos aparatos sanitarios y diferentes puntos de salida (Castillo Anselmi, 2014).

Para la distribución del agua potable en las edificaciones existen tres sistemas, los más usuales, cuyo empleo dependerá de las características de la edificación y sus requerimientos, estos son:

- Sistema directo.
- Sistema indirecto.
- Sistema mixto.

El óptimo, como ya se mencionó, será aquel que garantice el abastecimiento de agua potable con un caudal y presión constante, además de ser el sistema más eficiente y económico.

2.3.4.1. Sistema directo.

Este sistema inicia con la conexión a la red pública, mediante un ramal de alimentación se conecta a una red de distribución y finaliza en cada uno de los puntos de salida de los aparatos sanitarios. La red pública abastece directamente de caudal y presión a los aparatos, es decir no existe elemento auxiliar que intervengan en estos últimos.

Para optar por este sistema, deberá garantizarse que se cumplan las condiciones presión y caudal suficiente tal que satisfaga la demanda del aparato sanitario más crítico, durante las 24 horas del día. La presión de la red pública disponible para la edificación debe ser mayor a la requerida por el aparato sanitario más crítico sin el uso de bombas ni tanques de almacenamiento.

El ramal de alimentación deberá contar con una válvula antirretorno, como medida de protección contra los riesgos de contaminación a la red pública. No es práctica la distribución directa mediante la bomba a las redes de distribución del edificio, porque la misma estaría sometida a variaciones muy grandes de gastos y presión.

Nota: Para realizar el diseño preliminar de este sistema, se deberá tener listo un trazado tentativo de la red de distribución, especialmente del tramo y aparato más crítico, sobre ellos se evaluará la condición de caudal y presión.

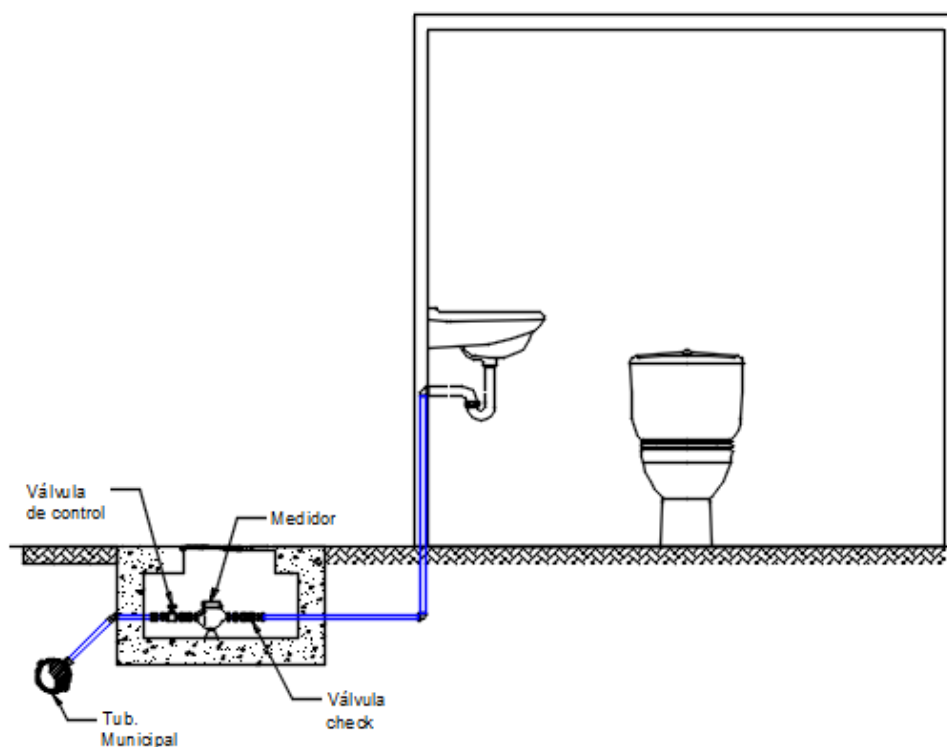


Ilustración 1. Sistema directo.

Fuente: Autoría propia.

2.3.4.2. Sistema indirecto.

Si el sistema directo no logra cumplir con las condiciones de caudales y presiones necesarias de funcionamiento establecidas durante 24 horas, es decir, la red pública no garantiza el abastecimiento a la edificación, es necesario recurrir a otro sistema conocido como indirecto. Este sistema comúnmente se utiliza para edificaciones de mayor altura.

2.3.4.2.1. Sistema de tanque elevado.

El sistema de tanque elevado es aquel que inicia con la conexión a la red pública, conduce el agua mediante un ramal de alimentación hasta un tanque elevado y desde este

funciona una red de distribución a gravedad hacia todos los puntos de consumo de la edificación.

Las condiciones del sistema son:

- Verificar que la presión disponible en la salida de la conexión a la red pública sea mayor que la presión requerida para llenar el tanque.
- El volumen del tanque elevado será igual al 100% del consumo diario, calculado en función de los usos de los diferentes ambientes y las dotaciones correspondientes en la edificación.
- El tanque elevado deberá estar dotado de tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución.
- La ubicación del tanque elevado deberá fijarse en coordinación con el arquitecto y el ingeniero estructural, teniendo en cuenta la altura necesaria para dar la presión suficiente a la red de distribución y el fácil acceso.
- Los tanques de agua potable por gravedad o bocas de inspección de tanques bajo presión no deben ser ubicados directamente debajo de ninguna tubería sanitaria o de evacuación, o de alguna otra fuente de contaminación.
- La superficie interior de un tanque de agua potable no debe estar forrada, pintada o reparada con cualquier material que cambie el sabor, olor, color o potabilidad del abastecimiento de agua.
- La acometida será directa al tanque alto con paso directo a suministro por gravedad.

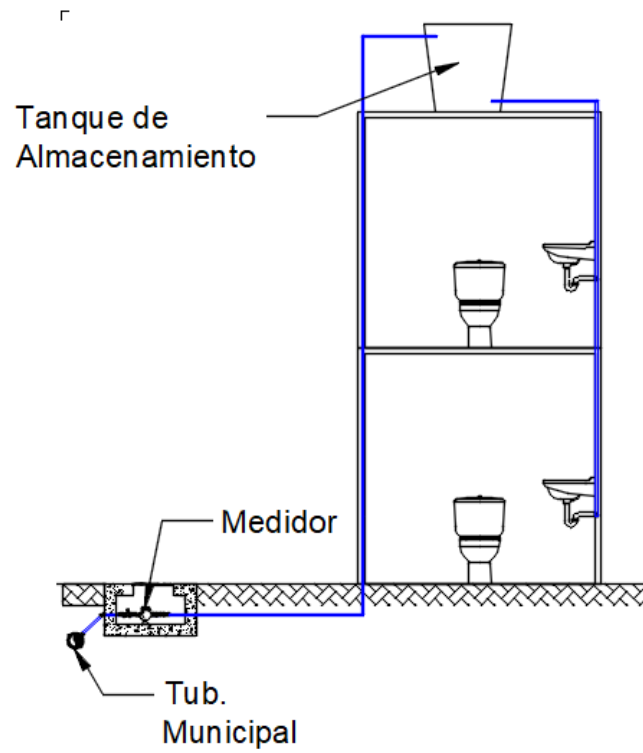


Ilustración 2. Sistema indirecto con tanque elevado.

Fuente: Autoría propia.

2.3.4.2.2. Sistema con cisterna y tanque elevado.

Este sistema inicia en la acometida desde a la red pública, continua hacia la cisterna o tanque bajo y llenarlo, después con un equipo de bombeo el agua de la cisterna se traslada hasta el tanque elevado de almacenamiento a través de una tubería de succión y una de impulsión, desde el tanque elevado se da funcionamiento a la red de distribución a gravedad para alimentar a todos los puntos de consumo de la edificación.

Las condiciones del sistema son:

- La cisterna deberá tener una capacidad de almacenamiento de 60-70 % del consumo diario y el tanque elevado una capacidad mínima equivalente a un 40-30 % del consumo diario.
- La cisterna deberá estar dotado de tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y succión.

- Es recomendable que el equipo de bombeo se componga de al menos 2 unidades para el 100% del caudal.
- El control de los niveles de agua en los tanques para este tipo de sistema se hará por interruptores electrónicos de parada y arranque que permitan arrancar y parar y arrancar la bomba cuando sea necesario.
- Este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose que no sobrepasen los valores adecuados (Wekker & Asociados, 2004).

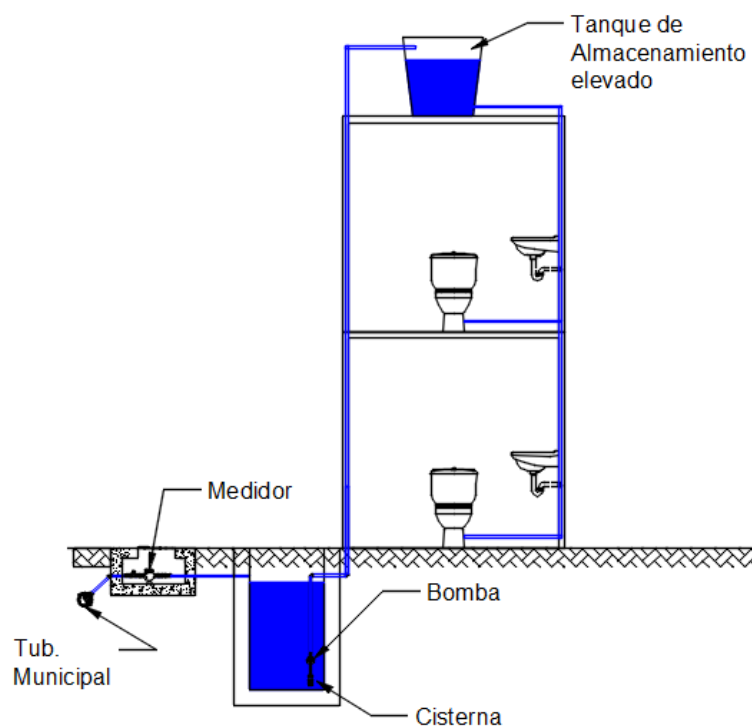


Ilustración 3. Sistema indirecto con cisterna y tanque de almacenamiento.

Fuente: Autoría propia.

2.3.4.2.3. Sistema con tanque hidroneumático.

Cuando por razones de carácter arquitectónico o de requerir presiones de salida mayores a las que se puedan conseguir con un tanque elevado, será necesario utilizar un equipo de presurización que garantice las condiciones de caudal y presión necesarias para

el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, en especial al punto de consumo más alejado y elevado de la edificación (Castillo Anselmi, 2014).

Este sistema estará conformado en su inicio con la conexión a la red pública de agua mediante una tubería de alimentación abastecerá a una cisterna de almacenamiento con capacidad mínima equivalente al 100% del consumo diario; un equipo de presurización que suministrará el caudal y presión al sistema de distribución a través de una tubería de succión, que se inicia en el equipo y termina en cada uno de los puntos de salida para conectar los aparatos sanitarios y los diferentes puntos de consumo (Castillo Anselmi, 2014).

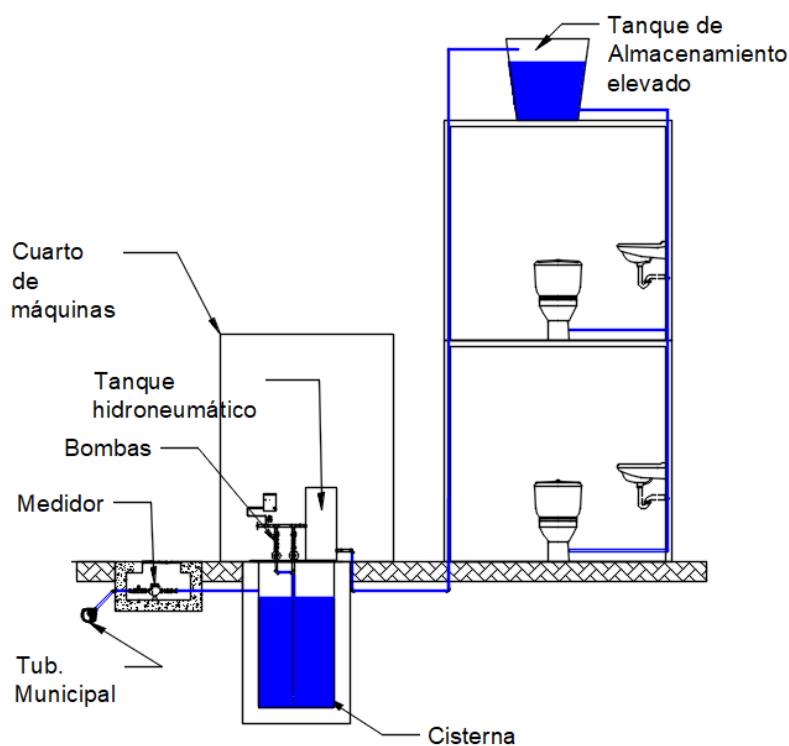


Ilustración 4. Sistema indirecto con tanque hidroneumático.

Fuente: Autoría propia.

Para la selección de este sistema se deberá cumplir al menos que la presión de servicio y el caudal de la red pública sean suficientes para satisfacer la demanda diaria requerida del sistema de almacenamiento (cisterna).

2.3.4.3. Sistema mixto.

El sistema mixto es una combinación del sistema directo e indirecto, en el cuál algunos puntos de consumo son alimentados por un sistema de abastecimiento directo y otros por un sistema indirecto. El sistema de distribución puede ser alimentado directamente desde la red pública o por gravedad desde un tanque elevado.

Para la selección de este sistema se deberá tener en la red pública una presión y caudales suficientes para satisfacer la demanda diaria requerida por el sistema de almacenamiento y la demanda de los puntos de consumo considerados en el proyecto.

Se puede realizar una combinación de los sistemas directos e indirectos, ya que para llegar a unas zonas de presión podría únicamente ser necesario hacer uso de un sistema de tanque elevado y para llegar a zonas de presión más altas se puede emplear equipo de bombeo simulando un sistema cisterna-tanque elevado, mientras que para otras zonas es suficiente el abastecimiento por medio de la red pública.

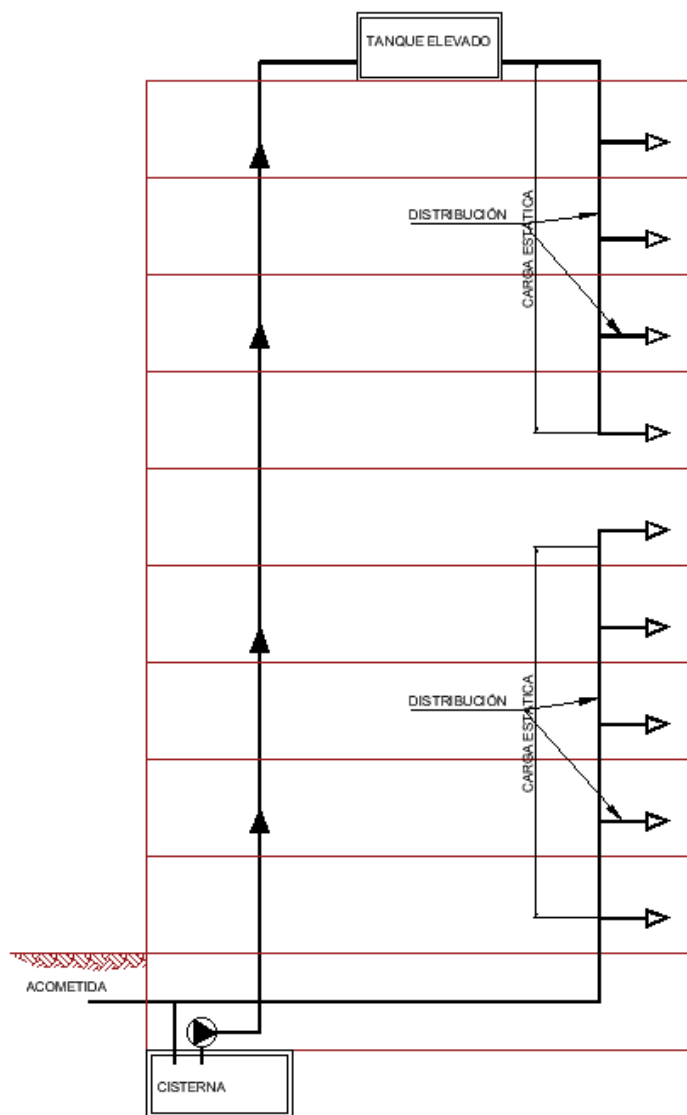


Ilustración 5. Sistema mixto. Abastecimiento por gravedad y abastecimiento directo.

Fuente: Autoría propia.

2.3.5. Estructura de almacenamiento.

Es una estructura de hormigón armado diseñada para albergar agua potable durante un periodo determinado de tiempo, la cisterna deberá contar con una tubería de aireación, tapa de inspección, escalera marinera y desagüe.

El volumen de almacenamiento no deberá ser menor al consumo diario de la edificación (24 horas), ni tampoco a 500 L. Además, se debe considerar la reserva de agua para el sistema contra incendios.

2.3.5.1. Consumo.

Es el volumen de agua utilizado por una persona en un día, para satisfacer sus necesidades se mide en: L/hab/día; es imprescindible determinar la cantidad de agua que ha de consumirse, de acuerdo con el tipo de construcción, servicio que debe prestar y considerando el número de muebles que puedan o deban trabajar simultáneamente.

El cálculo del consumo se iniciará determinando la tasa de ocupación de las edificaciones, para ello se determina el número de habitantes por inmueble, el cual se define tomando en cuenta el tamaño y el número de dormitorios (social y de servicio), en general, se recomienda aplicar una tasa de ocupación de dos personas para dormitorios de tipo social y una persona para dormitorios de servicio (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

Para definir una tabla de consumos en nuestra región se ha comparado varias tablas de dotaciones de consumo de varios países latinoamericanos, cabe mencionar que los consumos dependerán de varios parámetros como: situación climática, situación geográfica, etc.

Tabla 3. *Tasa de ocupación de edificios públicos y privados.*

Tipo de edificación	Tasa de ocupación
Bancos	1 persona/5.0 m ²
Oficinas	1 persona/6.0 m ²
Locales comerciales. Planta baja	1 persona/2.5 m ²
Locales comerciales. Pisos superiores	1 persona/5.0 m ²
Museos y bibliotecas	1 persona/5.5 m ²

Centro comercial	1 persona/5.0 m ²
Salas de hoteles	1 persona/5.5 m ²
Restaurantes	1 persona/1.5 m ²
Supermercados	1 persona/2.5 m ²
Teatros, cines, auditorios	1 persona/0.7 m ²

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

2.3.5.2. Dotación de agua.

Dotación es la cantidad de agua que consume en promedio una persona durante un día, este valor incluye el consumo necesario para: aseo personal, limpieza y cocción de alimentos etc.

La dotación de agua para una edificación está relacionada con tres parámetros: la cantidad de agua expresada en unidades de volumen; el tipo de usuario expresado en habitantes, área u otra unidad; y el tiempo en el cual es consumida esa cantidad de agua.

Una vez hallada la ocupación total de la edificación se procede a realizar el cálculo de la dotación en función del número de usuarios y el espacio al que se desea abastecer, con los datos de la siguiente tabla:

Tabla 4. *Dotaciones para distintas edificaciones.*

Tipo de edificación	Dotación	Unidad
Industrias	80	L/trabajador
Comercio, mercancías secas, casas de abastos, peluquerías y pescaderías ^a	400	L/día
Mercados	15	L/m ²
Viviendas	200 a 250	L/habitante/día
Universidades	50	L/persona/día
Internados	250	L/persona/día

Hoteles (a)		500	L/habitación/día
Hoteles (b)		250	L/cama/día
Oficinas		90	L/persona/día
Cuarteles		350	L/persona/día
Restaurantes		4	L/comida/día
Hospitales		600	L/persona/día
Prisiones		600	L/persona/día
Lavanderías		48	L/kg de ropa
Lavado de carros		400	L/carro/día
Baños públicos		50	L/hora
Baños intermitentes		150	L/hora
Circos, hipódromos, parques de atracciones, estudios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares		1	L/espectador
Cabarés, casinos y salas de baile		30	L/m ²
Cines, teatros y auditorios		3	L/silla
Estaciones de servicio, bombas de gasolina, garajes y estacionamientos	Para lavado automático	12000	L/unidad/día
	Para lavado no automático	7500	L/unidad/día
	Para bombas de gasolina	300	L/surtidor/día
	Para garajes y estacionamientos cubiertos	2	L/m ² de área útil/día
	Para oficinas y ventas de repuestos	6	L/m ² de área útil/día
Bares, fuentes de soda, refresquerías, cafeterías y similares	Hasta 30 m ²	1500	L/m ² /día
	De 31 a 60 m ²	60	L/m ² /día
	De 61 a 100 m ²	50	L/m ² /día

	Más de 100 m ²	40	L/m ² /día
Piso asfaltado		1	L/m ²
Empedrados		1.5	L/m ²
Jardines		2	L/m ²
Piscinas		300	L/persona
Duchas piscina		60	L/persona
^a Mínimo 20 L/			

Fuente: (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

Para la determinación del consumo diario en espacios no contemplados en las tablas, deberán determinarse tomando en cuenta la información y/o análisis del proyectista en función del uso eficiente y conservación del agua. La dotación de agua para consumo industrial deberá calcularse de acuerdo con el tipo de industria y sus procesos productivos.

Para definir una tabla de valores de consumo diario se comparó las tablas de valores para consumo diario de los países de Colombia y Bolivia, también se consideró las situaciones climáticas y geográficas de nuestro país, y se concluyó que la tabla actual no difiere mucho de las otras tablas y que además hasta la actualidad se ha utilizado dichos valores obteniendo resultados óptimos.

Tabla 5. Dotaciones.

Tipo de edificación	Unidad	Dotación	Dotación considerada
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 -350	250
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil/día	40-60	40
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150-300	200
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3-5	5
Centro comercial	L/m ² área útil/día	15-25	20
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5-10	5

Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante /día	500-1000	500
Cuarteles	L/persona /día	150-350	275
Escuelas y Colegios	L/estudiante/día	20-50	20
Hospitales	L/cama/día	800-1300	1000
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante /día	150-400	250
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante /día	350-800	600
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante /día	200-300	300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2-8	8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa/día	30-50	50
Mercados	L/puesto /día	100-500	500
Oficinas	L/persona/día	50-90	60
Piscinas	L/m ² área útil/día	15-30	20
Prisiones	L/persona/día	350-600	500
Salas de fiesta y casinos	L/m ² área útil/día	20-40	40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80-120	100
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10-15	12
Universidades	L/estudiante/día	40-60	40
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	L/s/Ha	1-2	2

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

Para el dimensionamiento, se añade dos columnas más denominadas: cantidad y total en litros por día, en base a la magnitud del proyecto, este dimensionamiento servirá para cisternas y tanques elevados.

Tabla 6. *Tabla cálculo de dotación.*

Tipo de edificación	Cantidad	Unidad	Dotación	Dotación considerada	Total Litros/día
Bloques de viviendas	0	L/habitante/día	200 - 350	250	0
Bares, cafeterías y restaurantes	0	L/m ² área útil/día	40-60	40	0
Camales y planta de faenamiento	0	L/cabeza	150-300	200	0
Cementerios y mausoleos	0	L/visitante/día	3-5	5	0
Centro comercial	0	L/m ² área útil/día	15-25	20	0
Cines, templos y auditorios	0	L/concurrente/día	5-10	5	0
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	0	L/ocupante /día	500-1000	500	0
Cuarteles	0	L/persona /día	150-350	275	0
Escuelas y Colegios	0	L/estudiante/día	20-50	20	0
Hospitales	0	L/cama/día	800-1300	1000	0
Hoteles hasta 3 estrellas	0	L/ocupante /día	150-400	250	0
Hoteles de 4 estrellas en adelante	0	L/ocupante /día	350-800	600	0
Internados, hogar de ancianos y niños	0	L/ocupante /día	200-300	300	0
Jardines y ornamentación con recirculación	0	L/m ² /día	2-8	8	0
Lavanderías y tintorerías	0	L/kg de ropa/día	30-50	50	0
Mercados	0	L/puesto /día	100-500	500	0
Oficinas	0	L/persona/día	50-90	60	0
Piscinas	0	L/m ² área útil/día	15-30	20	0
Prisiones	0	L/persona/día	350-600	500	0
Salas de fiesta y casinos	0	L/m ² área útil/día	20-40	40	0
Servicios sanitarios públicos	0	L/mueble sanitario/día	300	300	0

Talleres, industrias y agencias	0	L/trabajador/ jornada	80-120	100	0
Terminales de autobuses	0	L/pasajero/día	10-15	12	0
Universidades	0	L/estudiante/día	40-60	40	0
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	0	L/s/Ha	1-2	2	0

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

2.3.5.3. Acometida.

La acometida general de agua potable se tomará de la red de agua pública del lugar considerando que en la ejecución del proyecto se deberá contar con la factibilidad de servicios básicos.

- *Cálculo del diámetro de la acometida de agua potable.*

Para ese cálculo deberán cumplir con los siguientes parámetros:

- *Velocidad óptima:* 1.5 m/s.
- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.
- *Velocidad máxima:* 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- *Tiempo recomendado de llenado para almacenamiento:* entre 8 y 12 horas.

Entonces como:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: Caudal. [m³/s]

V: Velocidad del flujo. [m/s]

A: Área de la tubería. [m²]

Se escoge el diámetro de la tubería tratando de tener una velocidad óptima, respetando los límites de velocidad.

2.3.5.4. Tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución.

- ***Tubería de ingreso o alimentación.***

La tubería de ingreso estará ubicada a una distancia igual o superior a 2.5 cm desde la generatriz superior de la tubería de rebose.

Deberá contar con válvula tipo flotador mecánico que controle el nivel del agua, fijada en la tubería y/o pared del tanque, tal que el cierre o parada de los equipos de bombeo se produzca cuando el nivel de agua este a 2.5 cm bajo de la generatriz inferior de la tubería de rebose (Castillo Anselmi, 2014).

- ***Tubería de distribución.***

Toda tubería de salida o distribución deberá instalarse a una distancia mínima de 5 cm, medida entre la generatriz inferior de la tubería y el fondo o losa inferior del tanque. La tubería deberá estar provista de una rejilla de protección contra el ingreso de objetos extraños.

Además, deberá contar al menos con una válvula de control para las labores de mantenimiento. En caso de preverse un distribuidor múltiple se deberán instalar válvulas de control para las diferentes columnas o montantes de agua.

En edificios multifamiliares de propiedad horizontal, comerciales, institucionales, y similares, la tubería de distribución podrá instalarse conformando un distribuidor múltiple (manifold), con válvulas de control necesarias para las labores de mantenimiento.

- ***Tubería de respiradero.***

Todo tanque de almacenamiento deberá contar con una altura de aire libre mínima de 20 cm, medida desde la generatriz superior de la tubería de rebose; en caso de que el personal deba ingresar al tanque esta distancia también servirá como seguridad.

DETALLE RESPIRADEERO

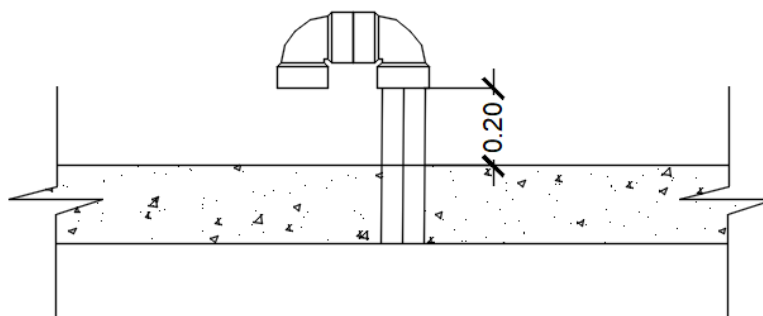


Ilustración 6. Detalle de tubería de respiradero.

Fuente: Autoría propia.

Todo tanque contará con una tubería de ventilación ubicada en su parte superior o cubierta, con un diámetro mínimo de 4 pulgadas y protegida por una rejilla que evite el ingreso de objetos y animales extraños.

- Accesos para limpieza e inspección.

Todo tanque contará con una ventana de inspección, situado en su cubierta próximo a la tubería de ingreso, cuyas dimensiones mínimas serán de 60 cm x 60 cm y deberá estar provista de una tapa sanitaria hermética e impermeable (metálica o de hormigón) o plato vórtice para la succión; tal que por ahí permita el ingreso del personal de limpieza y mantenimiento.

El acceso deberá estar protegido del ingreso de agua lluvias u objetos extraños mediante un bordillo de altura mínima de 5 cm.

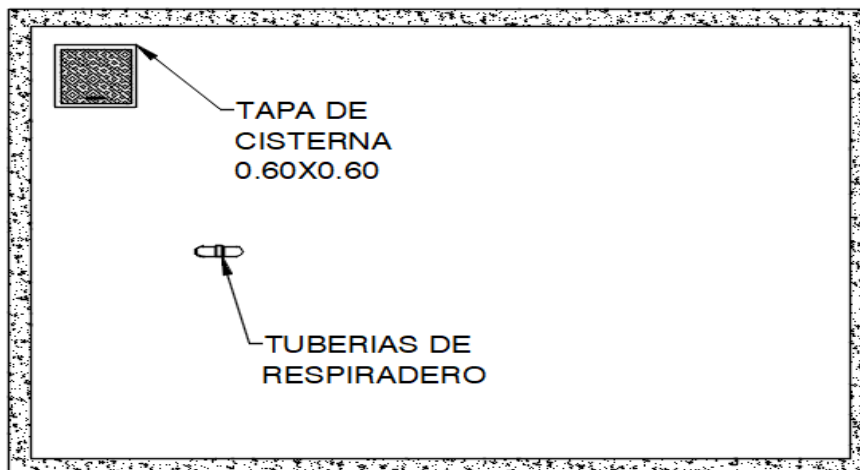


Ilustración 7. Vista en planta de la cisterna.

Fuente: Autoría propia.

2.3.6. Cantidad mínima de aparatos sanitarios.

Según el tipo de ocupación y el número de ocupantes de la edificación se puede determinar el mínimo número de aparatos hidrosanitarios requeridos. Conforme la siguiente tabla:

Tabla 7. Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.

Clasificación	Ocupación	Inodoro		Lavamanos		Duchas/ Tinas	Bebederos	Otros
		<i>M</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>F</i>			
<i>Lugares de reunión</i>	Teatros y otras edificaciones para la representación de artes y exhibición de películas de cine ^d	1 cada 125	1 cada 65	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Clubes nocturnos, bares, tabernas, salones de baile y edificaciones destinados a propósitos similares ^d	1 cada 40	1 cada 40	1 cada 75		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Restaurantes, salones de banquetes y patios de comida ^d	1 cada 75	1 cada 75	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Áreas de juego	<i>Primeros</i> 400: 1 cada 100. <i>Después</i> <i>de los</i> <i>primeros</i> 400: 1 cada 250.	<i>Primeros</i> 400: 1 cada 50. <i>Después</i> <i>de los</i> <i>primeros</i> 400: 1 cada 150.	<i>Primeros</i> 750: 1 cada 250. <i>Después de</i> <i>los primeros</i> 750: 1 cada 500.		-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio
	Auditorios sin asientos permanentes, galerías de arte,	1 cada 125	1 cada 65	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio

salones de exposición, museos, salones de conferencias, bibliotecas, centros comerciales y gimnasios ^d							
Terminales de pasajeros e instalaciones y servicios de transportes	1 cada 500	1 cada 500	1 cada 750	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio	
Lugares de culto y otros servicios religiosos	1 cada 150	1 cada 75	1 cada 200	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio	
Coliseos, arenas, pistas de patinaje, piscinas y canchas de tenis para actividades y eventos deportivos bajo techo.	<i>Primeros 1500:</i> 1 cada 75. <i>Después de los primeros 1500:</i> 1 cada 120.	<i>Primeros 1520:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 1520:</i> 1 cada 60.	1 cada 200	1 cada 150	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio
Estadios, parques de atracciones, graderías y tribunas para actividades y eventos deportivos al aire libre	<i>Primeros 1500:</i> 1 cada 75. <i>Después de los primeros 1500:</i> 1 cada 120.	<i>Primeros 1520:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 1520:</i> 1 cada 60.	1 cada 200	1 cada 150	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio

Negocios	Edificaciones para la transacción de negocios, servicios profesionales y otros servicios incluyendo comercio, edificaciones de oficinas, bancos, industria liviana y usos similares	<i>Primeros 50:</i> 1 cada 25. <i>Después de los primeros 50:</i> 1 cada 50.	<i>Primeros 80:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 80:</i> 1 cada 80.	-	1 cada 100	1 lavabo de servicio
Educacional	Instalaciones educativas	1 cada 50	1 cada 50	-	1 cada 100	1 lavabo de servicio
Fábrica e industria	Estructuras en las cuales sus ocupantes están asignados en trabajos de fabricación, montaje o procesamiento de productos o materiales	1 cada 100	1 cada 100	-	1 cada 400	1 lavabo de servicio
Institucional	Atención residencial	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Hospitales y residencia de ancianos	1 cada habitación	1 cada habitación	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio por piso

	Empleados de hospitales y residencias de ancianos	1 cada 25	1 cada 35	-	1 cada 100	-
	Visitantes en hospitales y residencias de ancianos	1 cada 75	1 cada 100	-	1 cada 500	-
	Prisiones	1 cada celda	1 cada celda	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Reformatorios, centros de detención y centros penitenciarios	1 cada 15	1 cada 15	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Empleados de reformatorios, centros de detención y centros penitenciarios ^b	1 cada 25	1 cada 35	-	1 cada 100	-
	Cuidado diurno de adultos y cuidado de niños (guardería)	1 cada 15	1 cada 15	1	1 cada 100	1 lavabo de servicio
<i>Mercantil</i>	Tiendas de venta al por menor, estaciones de servicio, tiendas, salones de venta, mercados y centros comerciales	1 cada 500	1 cada 750	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio ^e

	Hoteles, moteles, pensiones (transitorios)	1 cada habitación	1 cada habitación	1 cada habitación	-	1 lavabo de servicio
	Residencia para estudiantes, asociaciones estudiantiles y pensiones (no transitorias)	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
<i>Residencial</i>	Edificio de departamentos	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	-	1 lavaplatos por unidad habitacional; 1 conexión para lavadora automática cada 20 unidades habitacionales
	Instalaciones de vivienda colectiva con 16 o menos personas	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Viviendas unifamiliares y bifamiliares, y casas de hospedaje con cinco o menos habitaciones	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	-	1 lavaplatos por unidad habitacional; 1 conexión para lavadora automática cada unidad habitacional
<i>Almacenamiento</i>	Estructuras para el almacenamiento de productos, almacenes, bodegas y depósitos de	1 cada 100	1 cada 100	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio

contenedores.

Peligro bajo y moderado.

^a Los aparatos indicados se basan en que un accesorio es el mínimo requerido para el número de personas indicadas o cualquier fracción del número de personas indicadas.

^b Las instalaciones sanitarias para los empleados estarán separadas de las instalaciones para los reclusos o pacientes.

^c Se permitirá un cuarto de aseo para un solo ocupante, con un inodoro y un lavabo, que sirva a no más de dos unidades de alojamiento de pacientes adyacentes, siempre que cada unidad de alojamiento de pacientes tenga acceso directo a la sala de aseo y se prevea la privacidad del usuario de la sala de aseo.

^d Al determinar el número mínimo de instalaciones necesarias, se incluirá la carga de ocupantes de las zonas de descanso y entretenimiento.

^e Para las clasificaciones comerciales y mercantiles con un número de ocupantes igual o inferior a 15, no se exigirán fregaderos de servicio.

M: Masculino.

F: Femenino.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.7. Caudal máximo posible.

Es el caudal que se presenta en caso de que se activen al mismo tiempo todos los aparatos sanitarios de la red, por su particularidad es improbable que se presente por lo que en el diseño no se tendrá en cuenta este caudal.

2.3.8. Caudal máximo probable. (Q.M.P)

Es aquel que tiene mayor probabilidad de presentarse en la red de suministro, por este motivo es el caudal que se utiliza para diseño de la red hidrosanitaria.

El caudal máximo probable es complicado de establecer con precisión, debido a que los aparatos sanitarios no son utilizados simultáneamente, las frecuencias de uso son

irregulares, además dependen del tipo de edificación o entorno donde estén ubicados, así como también de los hábitos de aseo del usuario. El cálculo de caudal máximo probable ha sido tratado de determinar a través de distintos métodos a lo largo de los años, los cuales en términos generales se pueden clasificar en cuatro metodologías:

- Método de certeza.
- Métodos empíricos.
- Métodos semiempíricos.
- Métodos probabilísticos.

El método de certeza es útil solo en casos en los que se conozca con precisión el intervalo y la frecuencia en la que los aparatos sanitarios van a ser utilizado, lo cual es muy complicado de establecer para todas las edificaciones. Mientras que, los métodos empíricos son útiles para el diseño hidráulico de un conjunto pequeño de aparatos sanitarios. Los métodos semiempíricos y probabilísticos se adaptan mejor la estimación de caudales para diferentes condiciones de consumo.

2.3.8.1. Método semiempírico.

Este método se basa en la experiencia y además posee una base teórica, lo cual le faculta para establecer expresiones matemáticas y fórmulas.

En Ecuador desde hace varios años se ha venido utilizando el método establecido en la norma francesa, por lo que será detallado a continuación.

2.3.8.1.1. Método de la norma francesa.

En Francia el cálculo para instalaciones hidrosanitarias se basa en los “Documents Techniques Unifiés”, específicamente en la sección NF DTU 60.11 denominada “Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d’évacuation des eaux pluviales”.

Para realizar el cálculo del caudal máximo probable es necesario determinar los caudales instantáneos mínimos, los cuales son detallados en la Tabla 1 de la norma francesa, la traducción de dicha tabla se presenta a continuación.

Tabla 8. Caudal mínimo según la norma francesa.

Aparatos sanitarios	Q _{mín.} ^a (L/s)		Diámetros internos mínimos de las tuberías de suministro ^b (mm)
	Agua fría o agua tibia	Agua caliente	
Fregadero	0.20	0.20	12
Lavabo	0.20	0.20	10
Lavabo colectivo	0.05	0.05	Según el número de grifos
Bidet	0.20	0.20	10
Tina	0.33	0.33	13
Ducha	0.20	0.20	12
Llave de agua ½	0.33		12
Llave de agua ¾	0.42		13
Inodoro con depósito	0.12		10
Inodoro con válvula de descarga	1.50		Mínimo el diámetro del grifo
Urinario con grifo individual	0.15		10
Urinario con fluxor	0.50		Mínimo el diámetro del grifo
Lavamanos	0.10		10
Lavadero	0.33		13
Lavadora	0.20		10
Lavavajilla	0.10		10
Máquina industrial u otro aparato	Conforme con las instrucciones del fabricante.		

^a Cuando la producción de agua caliente es individual, estos caudales se utilizan como base para calcular los diámetros de las tuberías de agua fría para uso colectivo y las tuberías internas hasta el ramal de suministro del dispositivo de producción de agua caliente.

^b Estos diámetros tienen en cuenta las condiciones de uso de los distintos aparatos sanitarios.

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

Una vez definidos los caudales mínimos instantáneos se procede a realizar la sumatoria de los mismos para posteriormente ser multiplicados por un coeficiente simultaneidad denominado K_s obteniendo así el caudal máximo probable, dando como resultado la siguiente expresión:

$$Q_{MP} = K_s * \sum Q_{min}$$

Donde:

Q_{MP} : Caudal máximo probable. [L/s]

K_s : Coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados.

Q_{min} : Caudal mínimo instantáneo. [L/s]

- Coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados
 K_s .

$$K_s = \frac{0.8}{\sqrt{(n-1)}}$$

$$K_s \leq 1$$

Donde:

n : Número de aparatos sanitarios instalados.

Para la mayoría de los ambientes el coeficiente de simultaneidad debe ser multiplicado por un factor de 1.25, por lo cual la fórmula para obtener el coeficiente de simultaneidad puede resumirse en la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{(n-1)}}$$

La norma específica que la fórmula es válida para un número de aparatos sanitarios mayor a 5, además menciona que esta sigue siendo válida para un número de aparatos sanitarios superior a 150, cuando se trata de un número inferior o igual a 5 se recurre al apartado 2.1.2 denominado Instalaciones individuales, el cual se resumen en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 9. *Coefficiente para menos de 5 aparatos sanitarios según la norma francesa.*

Aparatos sanitarios	Coeficientes	
Inodoro, lavamanos, urinario, desagüe	0.5	
Bidet, inodoro de uso colectivo, lavadora, lavavajilla	1	
Lavabo	1.5	
Ducha, estación de agua	2	
Fregadero	2.5	
Tina	≤ 150 L	3
	> 150 L	3 + 0.1 por cada 10 litros adicionales

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

A cada aparato individual se le asigna un coeficiente según la tabla anteriormente mostrada, la suma de los coeficientes permite determinar con el gráfico, mostrado a continuación, el diámetro mínimo de suministro del grupo de aparatos, a partir de dos aparatos sanitarios.

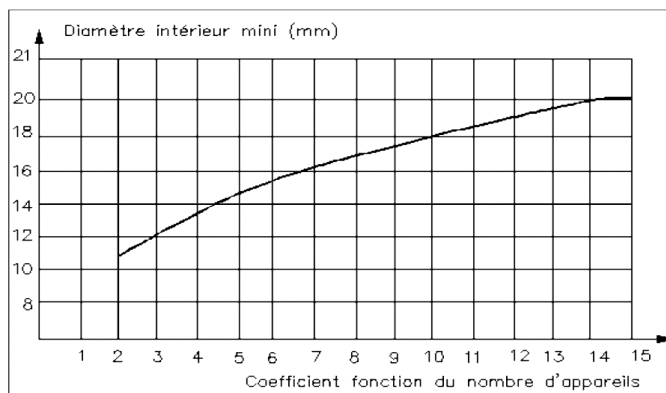


Ilustración 8. Coeficiente en función del número de aparatos.

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

El gráfico muestra en el eje de las abscisas el coeficiente en función del número de aparatos sanitarios y el eje de las ordenadas muestra el diámetro interior mínimo en milímetros. Cabe mencionar que es recomendable utilizar este gráfico cuando el total de coeficientes es inferior a 15, caso contrario se utiliza el proceso para aparatos colectivos.

- Coeficiente de simultaneidad para espacios similares K_{ss} .

Cuando en una edificación existen espacios con características semejantes se considera que estos no presentarán su demanda máxima al mismo tiempo, por lo cual se emplea un factor de simultaneidad K_{ss} , cuyo cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$K_{ss} = \frac{(N + 19)}{10 * (N + 1)}$$

Donde:

K_{ss} : Coeficiente de simultaneidad para espacios similares.

N : Número de espacios con características similares, que son abastecidos de un mismo ramal.

Aunque el factor de simultaneidad K_{ss} no se encuentra dentro de la norma francesa comúnmente se utiliza en conjunto con el factor de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados K_s , cuya aplicación se resume en la siguiente fórmula:

$$Q_{MP} = K_S * K_{SS} * \sum Q_{min}$$

2.3.8.2. Método probabilístico.

Este método se basa en la teoría de la probabilidad y fue propuesto por Roy Hunter en 1924, mismo que fue publicado por la Oficina Nacional de Normas (National Bureau of Standards) del Departamento de Comercio de Estados Unidos (United States Department of Commerce) cuyo título es “Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems” en 1940.

Este método es más exacto y racional que los antes mencionados, aunque actualmente las condiciones de los aparatos sanitarios han variado llegando a tener un menor consumo, por lo cual este método ha tenido que ser adaptado en distintos países para poder ser incorporados en las normas de diseño hidrosanitario.

2.3.8.2.1. Método de Hunter original.

El método de Hunter mediante un análisis probabilístico trata de determinar un “caudal máximo probable”. El método de Hunter, propuesto en 1924 por Roy Hunter, basado en el cálculo de las probabilidades y en observaciones de tipo empírico, asigna una unidad de gasto (UG) para cada tipo de aparato sanitario que funciona intermitentemente. Dicha unidad considera el caudal promedio requerido por el accesorio, la duración normal de cada uso del accesorio, y la frecuencia de uso de este. El método es aplicable a grandes grupos de elementos, ya que la carga de diseño es tal que tiene cierta probabilidad de no ser excedida, aunque lo puede ser en pocas ocasiones.

- Unidades de gasto (UG).

Hunter definió como “unidad de gasto” a la cantidad de agua consumida por un lavabo de tipo doméstico durante un uso de este, que equivale a un caudal de 1 pie³/min, es decir, un factor de seguridad respecto al caudal mínimo requerido por dicho aparato para su funcionamiento, de esta manera determinó la equivalencia de unidades de gasto para los aparatos sanitarios más usuales (Rodríguez, 2005).

Tabla 10. *Unidades de gasto, método de Hunter.*

Aparato sanitario	Uso	Tipo de control del sumidero	Unidades de gasto
Inodoro	Privado	Fluxómetro	6
		Tanque de limpieza	3
	Público	Fluxómetro	10
		Tanque de limpieza	5
Lavamanos	Privado	Llave	1
	Público	Llave	4
Bidet	Privado	Llave	1
Orinal	Público	Fluxómetro $\varnothing = 2.5$ cm	10
		Fluxómetro $\varnothing = 2$ cm	5
		Tanque de limpieza	3
		Llave	2
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2
	Público	Válvula mezcladora	4
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Tina	Privado	Llave	2
Grupo de baño	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8
		Un tanque de limpieza por cuarto	6
Fregadero de servicio	Público	Llave	3
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
	Hotel Restaurante	Llave	4
Lavadero	Privado	Llave	3
Lavadora	Privado	Llave	3

Combinación de accesorios	Privado	Llave	3
Lavaplatos	Privado	Llave	2
Llave de jardín	Privado	Llave	3
Calentador	Privado		3
Nevera	Privado		1

Fuente: (Rodríguez, 2005).

- Caudal máximo probable (QMP).

Hunter basando en el cálculo de las probabilidades y utilizando las unidades de descarga (UG), trata de determinar la simultaneidad de uso de los diferentes artefactos, que al ser analizados en conjunto indiquen cual será el caudal máximo probable (QMP) que se puede presentar para el diseño en función del tipo de artefacto empleado, con tanque o válvula de descarga; mediante las siguientes ecuaciones o curvas.

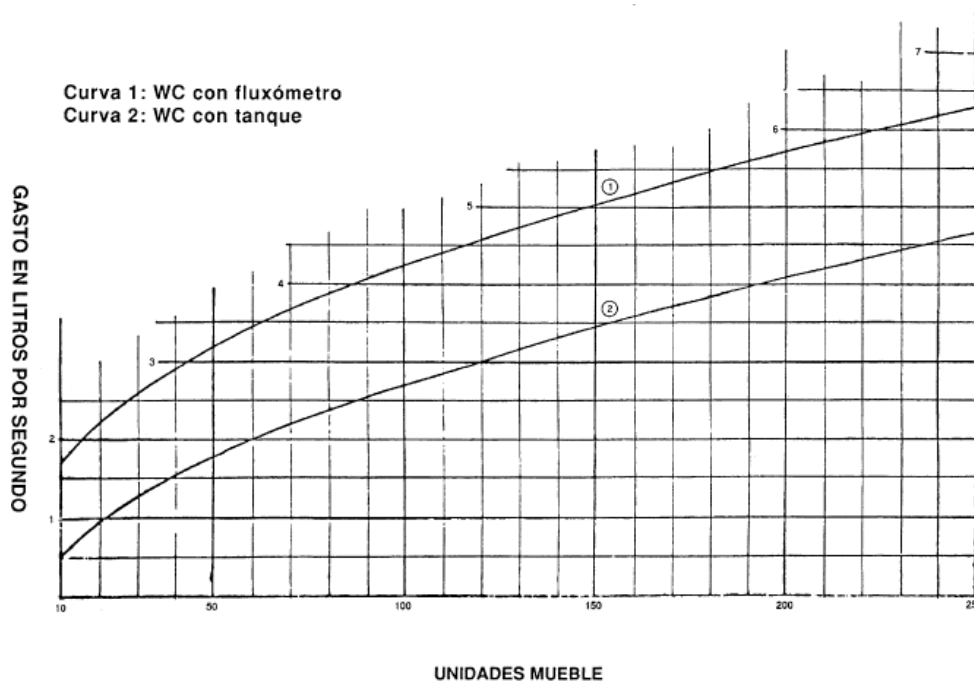


Ilustración 9. Curva de Hunter para el cálculo de gastos pequeños.

Fuente: (García Sosa, 2001).

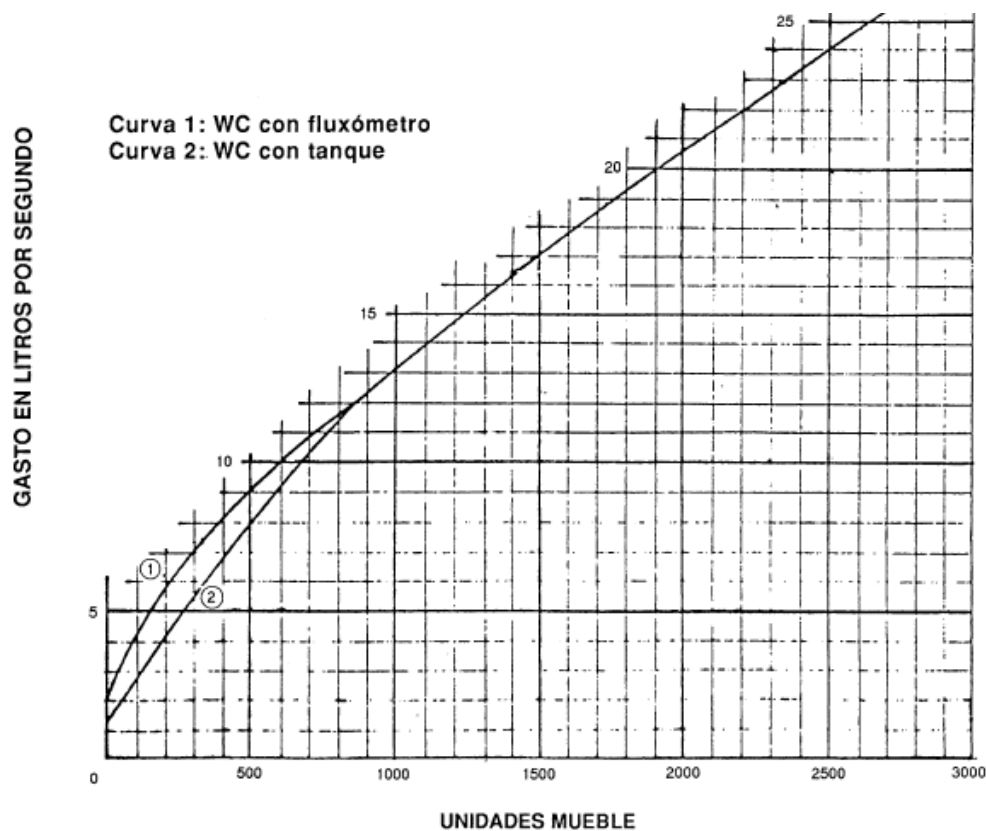


Ilustración 10. Curva de Hunter para el cálculo de grandes gastos.

Fuente: (García Sosa, 2001)

El Ing. Jorge García Sosa propone dos ecuaciones, que permiten el cálculo del gasto de diseño (Q) en litros por segundo, mediante el ajuste por mínimos cuadrados utilizando el programa estadístico Statgraphics, partiendo de los datos de Hunter que presenta el “Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Gas, Aire Comprimido, Vapor” de Sergio Zepeda; los ajustes se hicieron con base en la expresión de la curva exponencial $y = ax^b$ (García Sosa, 2001).

Las expresiones son:

1. Para muebles sanitarios con fluxómetro y con unidades de gasto (UG) menores de

900 unidades:

$$Q = 0.46696312 * UG^{0.480844}$$

El coeficiente de correlación obtenido es $r = 0.9989$.

2. Para muebles sanitarios con tanque o con UG mayores a 900 unidades, la expresión es:

$$Q = 0.11952855 * UG^{0.676173}$$

El coeficiente de correlación es $r = 0.994796$.

Para hallar el gasto de diseño en función del tipo de artefacto empleado se presentan las siguientes ecuaciones:

- Con fluxómetro para unidades de descarga desde cero a < 1200 .

$$Q \left(\frac{L}{\text{min}} \right) = 31.27 * UG^{0.485}$$

- Con tanques o llaves para unidades de descarga desde cero a < 1200

$$Q \left(\frac{L}{\text{min}} \right) = 6.7924 * UG^{0.6838}$$

- Con fluxómetro, tanques o llaves para unidades de descarga iguales o mayores a 1200.

$$Q \left(\frac{L}{\text{min}} \right) = 6.8881 * UG^{0.6841}$$

Es importante considerar que los grupos de expresiones anteriores fueron, además de los gráficos fueron obtenidas a partir de los datos de Hunter, por lo que al utilizar cualquiera de ellas obtendremos, aproximadamente, los mismos gastos de diseño.

La máxima demanda probable es mayor en aquellos sistemas de agua potable en los cuales se han instalado inodoros que funcionan directamente con válvulas de descarga (en comparación con los inodoros con tanques de gravedad). La diferencia entre la

demanda máxima probable entre los dos sistemas disminuye conforme el número total de UG aumenta.

2.3.8.2.2. Método de Hunter modificado.

El método propuesto por Roy Hunter ha tenido que ser modificado para adaptarse a la realidad de distintos países, debido a que el método original da como resultado valores de simultaneidad elevados lo que da como resultado un sobredimensionamiento de los diámetros de las tuberías, por lo que se opta por realizar una reducción del caudal de consumo de los aparatos sanitarios respecto al caudal asignado en el método original, esto debido a que los aparatos sanitarios actualmente tienen un menor consumo, además difiere la frecuencia de uso de los mismos respecto a la época en la que se expuso el método, es por ello que el Método Hunter Modificado recomienda reducir las unidades de consumo obtenidos por medio del método original en un 40 %, y con el valor reducido se puede utilizar las curvas y tablas del método original (Pancorbo, 2011).

2.3.8.2.3. Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

En Estados Unidos a través del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias realizó modificaciones al Método de Hunter para adaptar de forma más realista el consumo de los aparatos sanitarios, evitando así el sobredimensionamiento de las tuberías obteniendo así una instalación hidrosanitaria de menor costo con un funcionamiento adecuado.

A continuación, se muestran las tablas del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, las mismas que fueron adoptadas por el Código Colombiano de Instalaciones hidráulicas y sanitarias NTC 1500, tercera actualización, este último código se adapta de mejor manera a la realidad ecuatoriana.

Tabla 11. *Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios.*

Aparato sanitario	Uso	Tipo de control de suministro	Valores de carga, en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.)		
			Fría	Caliente	Total
Grupo sanitario	Privado	Tanque de descarga	2.7	1.5	3.6
		Válvula de fluxómetro	6.0	3.0	8.0
Tina	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
	Público	Llave	3.0	3.0	4.0
Bidé	Privado	Llave	1.5	1.5	2.0
Combinación de accesorios	Privado	Llave	2.25	2.25	3.0
Lavavajillas	Privado	Automático	-	1.4	1.4
Bebederos	Oficinas, etc.	Válvula 3/8"	0.25	-	0.25
Lavaplatos	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
Lavaplatos	Hotel, restaurante	Llave	3.0	3.0	4.0
Bandeja para el lavado de ropa (1 a 3 compartimientos)	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
Lavamanos	Privado	Llave	0.5	0.5	0.7
Lavamanos	Público	Llave	1.5	1.5	2.0
Lavabo de servicio	Oficinas, etc.	Llave	2.25	2.25	3.0
Ducha	Público	Válvula mezcladora	3.0	3.0	4.0
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	1.0	1.0	1.4
Urinario	Público	Válvula de fluxómetro 1"	10.0	-	10.0

Urinario	Público	Válvula de fluxómetro 3/4"	5.0	-	5.0
Urinario	Público	Tanque de descarga	3.0	-	3.0
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Privado	Automático	1.0	1.0	1.4
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Público	Automático	2.25	2.25	3.0
Lavadoras automáticas para ropa (15 lb)	Público	Automático	3.0	3.0	4.0
Inodoro	Privado	Válvula de fluxómetro	6.0	-	6.0
Inodoro	Privado	Tanque de descarga	2.2	-	2.2
Inodoro	Público	Válvula de fluxómetro	10.0	-	10.0
Inodoro	Público	Tanque de descarga	5.0	-	5.0
Inodoro	Público o privado	Tanque de fluxómetro	2.0	-	2.0

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 libra = 0.454 kg.

Grupo sanitario: Grupo de artefactos que conformado por un inodoro, lavamanos, tina o ducha incluyendo o no un bidé, un desagüe de piso de emergencia o ambos; dichos artefactos están ubicados juntos en el mismo nivel de piso (**INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021**).

^a Para aparatos no incluidos en la lista, se debe asumir la carga comparando el aparato con uno de la lista cuyo gasto de agua tenga similares características. Las cargas asignadas para aparatos de agua caliente y fría se dan por separado, para el agua fría,

caliente y el total. La carga separada para agua caliente y fría es de tres cuartos de la carga total para el aparato en cada caso.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 12. *Tabla para estimación de demanda.*

Sistema de suministro principalmente para tanques de descarga			Sistema de suministro principalmente para fluxómetros		
<i>Carga</i>	<i>Demanda</i>		<i>Carga</i>	<i>Demanda</i>	
<i>Unidad de aparato de suministro de agua</i>	<i>L/s (Galones por minuto)</i>	<i>Metro cúbico por minuto (Pies cúbicos por minuto)</i>	<i>Unidad de aparato de suministro de agua</i>	<i>L/s (Galones por minuto)</i>	<i>Metro cúbico por minuto (Pies cúbicos por minuto)</i>
1	0.19 (3.0)	0.0012 (0.0410)	-	-	-
2	0.32 (5.0)	0.0019 (0.0684)	-	-	-
3	0.41 (6.5)	0.0246 (0.8689)	-	-	-
4	0.50 (8.0)	0.0303 (1.0694)	-	-	-
5	0.59 (9.4)	0.0356 (1.2566)	5	0.95 (15.0)	0.0568 (2.0052)
6	0.68 (10.7)	0.0405 (1.4304)	6	1.10 (17.4)	0.0659 (2.3260)
7	0.74 (11.8)	0.0447 (1.5774)	7	1.25 (19.8)	0.0749 (2.6464)
8	0.81 (12.8)	0.0485 (1.7111)	8	1.40 (22.2)	0.0840 (2.9677)
9	0.86 (13.7)	0.0519 (1.8314)	9	1.55 (24.6)	0.0931 (3.2885)

10	0.92 (14.6)	0.0553 (1.9517)	10	1.70 (27.0)	0.1022 (3.6094)
11	0.97 (15.4)	0.0583 (2.0587)	11	1.75 (27.8)	0.1052 (3.7163)
12	1.01 (16.0)	0.0606 (2.1389)	12	1.80 (28.6)	0.1083 (3.8232)
13	1.04 (16.5)	0.0625 (2.2057)	13	1.85 (29.4)	0.1113 (3.9302)
14	1.07 (17.0)	0.0644 (2.2726)	14	1.91 (30.2)	0.1143 (4.0371)
15	1.10 (17.5)	0.0662 (2.3394)	15	1.96 (31.0)	0.1173 (4.1441)
16	1.14 (18.0)	0.0681 (2.4062)	16	2.01 (31.8)	0.1201 (4.2410)
17	1.16 (18.4)	0.0697 (2.4597)	17	2.06 (32.6)	0.1234 (4.3580)
18	1.19 (18.8)	0.0712 (2.5132)	18	2.11 (33.4)	0.1264 (4.4649)
19	1.21 (19.2)	0.0727 (2.5667)	19	2.16 (34.2)	0.1295 (4.5719)
20	1.24 (19.6)	0.0742 (2.6201)	20	2.21 (35.0)	0.1325 (4.6788)
25	1.36 (21.5)	0.0814 (2.8741)	25	2.40 (38.0)	0.1438 (5.0798)
30	1.47 (23.3)	0.0882 (3.1147)	30	2.65 (42.0)	0.1590 (5.6136)
35	1.57 (24.9)	0.0943 (3.3286)	35	2.78 (44.0)	0.1666 (5.8819)
40	1.66 (26.3)	0.0996 (3.5158)	40	2.90 (46.0)	0.1741 (6.1493)
45	1.75 (27.7)	0.1049 (3.7029)	45	3.03 (48.0)	0.1817 (6.4166)
50	1.84 (29.1)	0.1102 (3.8901)	50	3.15 (50.0)	0.1893 (6.6840)
60	2.02 (32.0)	0.1211 (4.2778)	60	3.41 (54.0)	0.2044 (7.2187)

70	2.21 (35.0)	0.1325 (4.6788)	70	3.66 (58.0)	0.2196 (7.7534)
80	2.40 (38.0)	0.1438 (5.0798)	80	3.86 (61.2)	0.2317 (8.1812)
90	2.59 (41.0)	0.1552 (5.4809)	90	4.06 (64.3)	0.2434 (8.5956)
100	2.74 (43.5)	0.1647 (5.8151)	100	4.26 (67.5)	0.2555 (9.0234)
120	3.03 (48.0)	0.1817 (6.4166)	120	4.61 (73.0)	0.2763 (9.7586)
140	3.31 (52.5)	0.1987 (7.0182)	140	4.86 (77.0)	0.2915 (10.2934)
160	3.60 (57.0)	0.2158 (7.6198)	160	5.11 (81.0)	0.3066 (10.8281)
180	2.85 (61.0)	0.2309 (8.1545)	180	5.39 (85.5)	0.3237 (11.4296)
200	4.10 (65.0)	0.2461 (8.6892)	200	5.68 (90.0)	0.3407 (12.0312)
225	4.42 (70.0)	0.2650 (9.3576)	225	6.03 (95.5)	0.3615 (12.7664)
250	4.73 (75.0)	0.2839 (10.0260)	250	6.37 (101.0)	0.3823 (13.5017)
275	5.05 (80.0)	0.3028 (10.6944)	275	6.59 (104.5)	0.3956 (13.9696)
300	5.36 (85.0)	0.3218 (11.3628)	300	6.81 (108.0)	0.4088 (14.4374)
400	6.62 (105.0)	0.3975 (14.0364)	400	8.01 (127.0)	0.4807 (16.9774)
500	7.82 (124.0)	0.4694 (16.5763)	500	9.02 (143.0)	0.5413 (19.1162)
750	10.73 (170.0)	0.6435 (22.7256)	750	11.17 (177.0)	0.6700 (23.6614)
1000	13.12 (208.0)	0.7874 (27.8054)	1000	13.12 (208.0)	0.7874 (27.8054)
1250	15.08 (239.0)	0.9047 (31.9495)	1250	15.08 (239.0)	0.9047 (31.9495)

1500	16.97 (269.0)	1.0183 (35.9599)	1500	16.97 (269.0)	1.0183 (35.9599)
1750	18.74 (297.0)	1.1243 (39.7030)	1750	18.74 (297.0)	1.1243 (39.7030)
2000	20.50 (325.0)	1.2303 (43.4460)	2000	20.50 (325.0)	1.2303 (43.4460)
2500	23.97 (380.0)	1.4384 (50.7984)	2500	23.97 (380.0)	1.4384 (50.7984)
3000	27.32 (433.0)	1.6391 (57.8834)	3000	27.32 (433.0)	1.6391 (57.8834)
4000	33.75 (535.0)	1.9873 (70.1820)	4000	33.12 (525.0)	1.9873 (70.1820)
5000	37.41 (593.0)	2.2447 (79.2722)	5000	37.41 (593.0)	2.2447 (79.2722)

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 gpm = 0.06309 L/s.

1 pie cúbico por minuto= 0.02832 m³ por minuto.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.8.3. Método adecuado para la estimación del caudal máximo probable.

Existen diferentes métodos para calcular la estimación de caudales máximos probables, ya que los parámetros varían de acuerdo con las condiciones climáticas de cada región, así como las costumbres de cada población y aún más de cada núcleo familiar, además también del tipo de edificación que se va a analizar, así como su tipo de uso público o privado, por todas estas razones el método que utilice el diseñador dependerá del criterio según las condiciones de su región.

2.3.9. Diámetro mínimo de tuberías.

La tubería para el abastecimiento de agua en una edificación debe ser dimensionada para suministrar agua en la cantidad y presión requerida, pero es importante considerar que la dimensión mínima de la tubería para cada aparato sanitario, cuyos valores se muestran en la tabla a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 13. *Diámetros mínimos para tuberías de suministro de agua a los aparatos hidrosanitarios.*

Aparato	Diámetro mínimo de la tubería
	mm (pulgada)
Tinas ^a 1 524 mm x 813 mm (60 pulgadas x 32 pulgadas) y más pequeñas	12.7 (1/2)
Tinas ^a más grandes de 1 524 mm x 813 mm (60 pulgadas x 32 pulgadas)	12.7 (1/2)
Bidé	12.7 (1/2)
Combinación inodoro y lavamanos	12.7 (1/2)
Lavavajillas, doméstico ^a	12.7 (1/2)
Bebedero	12.7 (1/2)
Grifo de manguera, llave de manguera	12.7 (1/2)
Lavaplatos ^a	12.7 (1/2)
Lavadero de 1, 2 o 3 compartimientos ^a	12.7 (1/2)
Lavamanos	12.7 (1/2)
Ducha, cabezal simple ^a	12.7 (1/2)
Lavatorio, con rebose (borde de baldeo)	19.1 (3/4)
Lavabo de servicio	12.7 (1/2)
Urinario, tanque de descarga	12.7 (1/2)
Urinario, de fluxómetro	19.1 (3/4)
Hidrante de pared	12.7 (1/2)
Inodoro, tanque de descarga	12.7 (1/2)
Inodoro, válvula de fluxómetro	25.4 (1)
Inodoro, tanque fluxómetro	12.7 (1/2)
Inodoro, una pieza ^a	12.7 (1/2)

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.

^a “Cuando la longitud de desarrollo de la tubería de distribución es 18.3 m (60 pies) o menos, y la presión disponible en el medidor es de un mínimo de 24.6 m.c.a. (35 psi), la dimensión mínima de una tubería de distribución individual suministrada desde un tubo distribuidor e instalada como parte de un sistema de distribución paralela de agua debe ser de un tamaño nominal menor que las dimensiones indicadas” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Los aparatos sanitarios que no se enliste en la tabla tendrán un diámetro mínimo de 12.7 mm (½ pulgada), a menos que el fabricante indique alguna otra medida (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

2.3.10. Requisitos de diseño.

2.3.10.1. Presión.

La presión de salida en cada uno de los puntos de uso del sistema de agua tiene un valor mínimo, a fin de que por el aparato sanitario más simple salga un flujo de agua que permita realizar la actividad de higiene con eficiencia y comodidad, y un valor máximo que no deteriore los elementos del aparato que controla la salida de agua o que permita salir un flujo de agua tan fuerte que genere incomodidad para el usuario (Castillo Anselmi, 2014). Donde se supere el valor máximo se deben instalar dispositivos reductores de presión y donde sea necesaria una mayor presión de servicio se debe disponer de dispositivos reforzadores de presión para ese caso específico (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). Cabe mencionar que en ninguna circunstancia la presión deberá ser menor a 2 m.c.a., especialmente para los aparatos más desfavorables.

Las dimensiones de la tubería deben ser seleccionadas de manera que, bajo las condiciones de demanda máxima, las capacidades de suministro de los artefactos de salida de la tubería no deben ser menores que aquellas mostradas en la tabla mostrada a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 14. *Capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro de los aparatos hidrosanitarios.*

Tipos de aparatos hidrosanitario	Caudal ^a L/s (gpm)	Presión de flujo m.c.a. (psi)
Bañera, válvula mezcladora de presión balanceada, termostática, o de combinación de presión balanceada/termostática	0.25 (4)	14.1 (20)
Bidé, válvula de mezclado termostática	0.13 (2)	14.1 (20)
Combinación de accesorios	0.25 (4)	5.6 (8)
Lavavajillas doméstico	0.17 (2.75)	5.6 (8)
Bebedero	0.05 (0.75)	5.6 (8)
Lavadero	0.25 (4)	5.6 (8)
Lavamanos, privado	0.05 (0.8)	5.6 (8)
Lavamanos, privado, válvula mezcladora	0.05 (0.8)	5.6 (8)
Lavamanos, público	0.03 (0.4)	5.6 (8)
Ducha	0.16 (2.5)	5.6 (8)
Ducha, con válvula mezcladora de presión balanceada, termostática, o combinada de presión balanceada/termostática	0.16 ^b (2.5 ^b)	14.1 (20)
Grifo de manguera, llave de manguera	0.32 (5)	5.6 (8)
Fregadero residencial	0.11 (1.75)	5.6 (8)
Fregadero de servicio	0.19 (3)	5.6 (8)
Urinario de válvula	0.76 (12)	17.6 (25)
Inodoro de arrastre con válvula de fluxómetro	1.58 (25)	31.6 (45)
Inodoro, tanque de fluxómetro	0.10 (1.6)	14.1 (20)

Inodoro, sifónico, válvula de fluxómetro	1.58 (25)	24.6 (35)
Inodoro, tanque, cierre acoplado	0.19 (3)	14.1 (20)
Inodoro, tanque, una pieza	0.38 (6)	14.1 (20)

Factores de conversión:

1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.

1 L/s = 15.85 galón/min.

^a Para requisitos adicionales de caudales y presión, véase la tabla de consumos y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.

^b Cuando el fabricante de la válvula mezcladora de la ducha indique un caudal inferior para la válvula mezcladora, se aplicará el valor más bajo.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

El caudal mínimo y la presión de flujo provista a los artefactos y muebles no listados en la tabla deben estar de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Las máximas presiones y caudales de consumo de agua para todos los artefactos sanitarios y accesorios de artefactos sanitarios deben cumplir con la tabla mostrada a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Excepciones:

- “Inodoros diseñados con escape repentino de aire con un consumo máximo de agua de 13 litros (3 1/2 galones) por ciclo de limpieza” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Rociadores de vegetales” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Lavatorios clínicos con un consumo máximo de agua de 17 litros (4 1/2 galones) por ciclo de limpieza” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Fregaderos de servicio” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Duchas de emergencia” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 15. *Presiones y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.*

Aparatos hidrosanitarios o accesorios para los aparatos	Presiones y caudales máximos
Lavamanos privado	0.14 L/s (2.2 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Lavamanos público (con cierre automático)	0.9 Lpd (0.25 galones) por ciclo de descarga
Lavamanos público (otro que no sea con cierre automático)	0.03 L/s (0.5 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Ducha ^a	0.16 L/s (2.5 gpm) a 56.2 m.c.a. (80 psi)
Llave de fregadero	0.14 L/s (2.2 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Urinaris	3.8 Lpd (1.0 galones) por ciclo de descarga
Inodoros	6.0 Lpd (1.6 galones) por ciclo de descarga
<i>Factores de conversión:</i>	
1 L = 0.26 galón, 1 L/s = 15.85 galón/min.	
1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.	
Lpd: Litros por descarga.	
^a Una ducha de mano es una ducha.	

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Toda tubería hidráulica de servicio instalada bajo tierra y afuera de la estructura, debe tener una clasificación de presión de trabajo mínima de 112.5 m.c.a. (160 psi) a 23 °C (73.4 °F). Donde la presión del agua exceda los 112.5 m.c.a. (160 psi), el material de la tubería debe tener una presión nominal mínima de trabajo igual a la presión disponible más alta (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.10.1.1. *Aparatos de reducción de presión.*

- *Cámaras de aire.*

Para disminuir las posibles sobrepresiones por golpes de ariete causados por el cierre rápido de las llaves de control y alimentación de los accesorios, se recomienda la instalación de cámaras de aire, las cuales consisten en extensiones verticales con finales ciegos de la tubería de alimentación de lavatorios, fregaderos, duchas y tinas. Estas extensiones deberán tener por lo menos un diámetro igual al de la tubería de alimentación y una longitud de 60 cm (Morales, y otros, 2010).

- Válvula o regulador para reducir la presión del agua.

Donde la presión estática dentro de la edificación exceda los 56.2 m.c.a. (80 psi), debe ser instalada una válvula reductora de presión, para reducir la presión estática del sistema de distribución de la edificación a 56.2 m.c.a. (80 psi), o menos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Excepción: Líneas de servicio a los grifos de manguera e hidrantes externos, y las tuberías verticales principales de suministro donde la presión de las tuberías principales es reducida a 56.2 m.c.a. (80 psi) o menos a aparatos individuales.

- Diseño de válvula.

“La válvula reductora de presión debe estar diseñada para permanecer abierta y permitir el flujo permanente de agua en caso de falla de la válvula” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Reparación y remoción.

“Todas las válvulas reductoras de presión, reguladores y rejillas deben ser contruidos e instalados como para permitir la reparación o el retiro de las partes sin la rotura de la tubería ni el retiro de la válvula y la rejilla de la tubería” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.10.2. Velocidad del flujo.

La velocidad del flujo debe ser controlada debido a que altas velocidades pueden provocar altas pérdidas de carga, ruidos en forma de silbidos, erosión de la tubería, golpe

de ariete que desencadenarían en roturas, entre otros problemas hidráulicos, por otro lado, las bajas velocidades ocasionan sedimentación de partículas en las tuberías reduciendo la sección de la tubería, incluso provocando la infrautilización de la tubería, por lo cual la velocidad debe ser limitada para la condición de demanda máxima probable.

Para realizar el adecuado dimensionamiento de tuberías es esencial conocer los límites de la velocidad de circulación, cuyos valores son:

- *Velocidad máxima:* 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.

La velocidad del flujo del sistema de distribución de agua debe ser controlada para reducir la posibilidad de un golpe de ariete, por lo cual es recomendable instalar un reductor de golpe de ariete donde sean utilizadas válvulas de cierre rápido, dichos reductores de golpe de ariete deben ser instalados de acuerdo con las especificaciones del fabricante (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Su cálculo sería a través de la fórmula:

$$V = \frac{QMP}{\left(\frac{\pi * D^2 * 0.001}{4}\right)}$$

Donde:

V: Velocidad media del fluido. [m/s]

QMP: Caudal máximo probable. [m³/s]

D: Diámetro interno de la tubería. [mm]

2.3.11. Cálculo de pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga se clasifican en distribuidas y localizadas, las distribuidas se producen a lo largo de una conducción debido al rozamiento entre el fluido y la superficie de la tubería ocasionando una pérdida de energía, mientras que las localizadas, debidas a

fenómenos de turbulencia, se producen en cambios de dirección o sección tales como codos, tees, válvulas, etc. La pérdida de carga total de una tubería es la suma de las pérdidas de carga distribuidas y localizadas.

Las tuberías de la red de distribución de agua deben ser dimensionadas limitando las pérdidas de energía, de tal manera que la salida más alta y remota pueda tener la presión mínima requerida para una operación adecuada durante los períodos de demanda pico.

“Las pérdidas por fricción en tuberías se calculan con ayuda de ecuaciones desarrolladas empíricamente” (Pérez Carmona, 2015). Las cuáles serán descritas a continuación.

2.3.11.1. Pérdidas de carga distribuidas.

2.3.11.1.1. Flamant.

Para el cálculo de pérdidas de carga la fórmula de Flamant ha sido comúnmente adaptada para tuberías de pequeño diámetro, especialmente para tuberías de diámetros menores a 50 mm, de acero, cobre, hierro galvanizado y P.V.C. (Pérez Carmona, 2015).

$$h_f = \frac{m * L * V^{1.75}}{D^{1.25}}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

m : Coeficiente de Flamant.

L : Longitud de la tubería. [m]

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

D : Diámetro interior de la tubería. [m]

El valor del coeficiente de Flamant, m , depende del material de la tubería utilizada, dichos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 16. *Coefficiente de Flamant.*

Material de la tubería	m
Plástico (PVC)	0.00056
Acero galvanizado nuevo	0.00070
Acero galvanizado de varios años de uso	0.00092
Cobre nuevo	0.00057

Fuente: Elaboración propia.

2.3.11.1.2. Hazen-Williams.

Esta fórmula es aplicada cotidianamente para diámetros de dos pulgadas (2”) en adelante y es aplicada para agua a 15 °C, o para agua de diferentes temperaturas, siempre y cuando no difiera significativamente su viscosidad (Pérez Carmona, 2015).

$$h_f = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

Q : Caudal. [m³/s]

C : Coeficiente de fricción.

L : Longitud de la tubería. [m]

D : Diámetro interior de la tubería.

Tabla 17. *Coefficiente de fricción, método Hazen-Williams.*

Material de la tubería	C
Hierro galvanizado	125
Acero soldado nuevo	120
Acero soldado viejo	90

Acero soldado con revestimiento	130
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo sin incrustaciones	110
Hierro fundido viejo con incrustaciones	90
Plástico PVC ($D \leq 38\text{mm}$)	140
Plástico PVC ($D > 38\text{mm}$)	150
Cobre y latón	135
Concreto acabado liso	130
Concreto acabado común	120

Fuente: Elaboración propia.

2.3.11.1.3. Darcy – Weisbach.

El cálculo de pérdidas mediante la aplicación de la fórmula universal o racional de Darcy – Weisbach, en combinación con la fórmula de Colebrook – White que se aplica a cualquier régimen de flujo, (laminar, en transición y turbulento), tipo de material (rugosidad) y para cualquier tipo de fluido (Número de Reynolds que es función de la viscosidad del fluido).

$$h_f = f * \frac{L * V^2}{D * 2 * g}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

f : Coeficiente de fricción.

L : Longitud de la tubería. [m]

D : Diámetro interior de la tubería. [m]

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

g : Aceleración de la gravedad. [9.81 m/s²]

- *Colebrook – White*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7 * D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

Re : Número de Reynolds.

K : Coeficiente de rugosidad de la tubería. [m]

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Donde:

ν : Viscosidad cinemática del agua. [m²/s]

Tabla 18. *Coeficiente de rugosidad (k) en tuberías.*

Material de la tubería	k
Tuberías plásticas	0.007
Cobre, Bronce	0.002
Hierro galvanizado	0.150
Hierro dúctil, revestido con cemento	0.100
Acero	0.045

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. *Valores de la viscosidad cinemática del agua (ν).*

Temperatura (°C)	$\nu * 10^6 \left(\frac{m^2}{s} \right)$
0	1.792
5	1.519
10	1.308

15	1.141
20	1.007
25	0.897
30	0.804
35	0.727
40	0.661
45	0.605
50	0.556
55	0.513
60	0.477
65	0.444
70	0.415
75	0.390
80	0.367
85	0.347
90	0.328
95	0.311
100	0.296

Fuente: Elaboración propia.

2.3.11.2. Pérdidas de carga localizadas.

Una tubería que comprende diversos accesorios, y otras características, desde el punto de vista de carga, equivale a una tubería rectilínea de mayor longitud, este procedimiento se conoce como el método de las longitudes equivalentes. Consiste en sumar a la longitud del tubo, para el cálculo, longitudes que correspondan a la misma pérdida de carga que causarían los accesorios existentes en la tubería, así como las pérdidas de carga distribuida. Se debe considerar todos los accesorios y demás causas de pérdidas para llegar así a una longitud total (Pérez Carmona, 2015).

Obteniendo así la siguiente fórmula:

$$L_t = L + h_f + h_L$$

Donde:

L : Longitud total de la tubería. [m]

L : Longitud de la tubería, tanto vertical como horizontal. [m]

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

h_L : Pérdida menor. [m]

Las pérdidas de carga localizadas o también conocidas como pérdidas menores aportan a la pérdida de carga total de la tubería, es por ello importante el cálculo de estas pérdidas, estas pueden ser determinadas a través de los métodos descritos a continuación.

2.3.11.2.1. Coeficiente k .

$$h_L = k * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h_L : Pérdida menor. [m]

k : Coeficiente k .

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

g : Aceleración de la gravedad. [9.81 m/s²]

El coeficiente k depende del tipo de accesorios, los valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 20. Coeficiente k .

Accesorio	k
Ampliación gradual	0.30

Ampliación brusca	0.20
Codo de 90° de radio corto	0.90
Codo de 90° de radio normal	0.75
Codo de 90° de radio grande	0.60
Codo de 45° de radio corto	0.45
Codo de 45° de radio normal	0.40
Codo de 45° de radio grande	0.35
Curva de 90°	0.40
Curva de 45°	0.20
Curva de 22.5°	0.10
Medidor de caudal	2.50
Reducción gradual	0.15
Reducción brusca	0.35
T con pasada directa	0.60
T con pasada lateral	1.30
T con salida lateral	1.30
T con salida bilateral	1.80
Válvula esférica (totalmente abierta)	10
Válvula de ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.50
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.20
Válvula de compuerta (abierto 3/4)	0.30
Válvula de compuerta (abierto 1/2)	2.10
Válvula de compuerta (abierto 1/4)	17
Válvula de pie	2.50

Fuente: Elaboración propia.

2.3.11.2.2. *Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Las pérdidas a través de válvulas y accesorios según lo expuesto en el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias se calculan según lo indicado en la en las Tablas E103.3 (5) y E103.3 (6), donde dichas pérdidas se convierten en longitud equivalente para posteriormente ser sumado a la longitud total de la tubería.

Tabla 21. *Pérdida de presión en accesorios y válvulas expresado como longitud equivalente de tubería a m (pies).*

Diámetro nominal o estándar (pulgadas)	Accesorios				Acople	Válvulas			
	Codo estándar		"T" 90			de Bola	de Compuerta	de Mariposa	de Retención
	90 grados	45 grados	Salida lateral	Sección recta					
3/8	0.2 (0.5)	-	0.5 (1.5)	-	-	-	-	-	0.5 (1.5)
1/2	0.3 (1)	0.2 (0.5)	0.6 (2)	-	-	-	-	-	0.6 (2)
5/8	0.5 (1.5)	0.2 (0.5)	0.6 (2)	-	-	-	-	-	0.8 (2.5)
3/4	0.6 (2)	0.2 (0.5)	0.9 (3)	-	-	-	-	-	0.9 (3)
1	0.8 (2.5)	0.3 (1)	1.4 (4.5)	-	-	0.2 (0.5)	-	-	1.4 (4.5)
1 1/4	0.9 (3)	0.3 (1)	1.7 (5.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	-	1.7 (5.5)
1 1/2	1.2 (4)	0.5 (1.5)	2.1 (7)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	-	2.0 (6.5)
2	1.7 (5.5)	0.6 (2)	2.7 (9)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	2.3 (7.5)	2.7 (9)
2 1/2	2.1 (7)	0.8 (2.5)	3.6 (12)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	0.3 (1)	3.0 (10)	3.5 (11.5)
3	2.7 (9)	1.1 (3.5)	4.5 (15)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.5 (1.5)	4.7 (15.5)	4.4 (14.5)
3 1/2	2.7 (9)	1.1 (3.5)	4.2 (14)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.6 (2)	-	3.8 (12.5)
4	3.8 (12.5)	1.5 (5)	6.4 (21)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.6 (2)	4.8 (16)	5.6 (18.5)
5	4.8 (16)	1.8 (6)	8.2 (27)	0.5 (1.5)	0.5 (1.5)	-	0.9 (3)	3.5 (11.5)	7.1 (23.5)
6	5.8 (19)	2.1 (7)	10.3 (34)	0.6 (2)	0.6 (2)	-	1.1 (3.5)	4.1 (13.5)	8.0 (26.5)
8	8.8 (29)	3.3 (11)	15.2 (50)	0.9 (3)	0.9 (3)	-	1.5 (5)	3.8 (12.5)	11.8 (39)

Factores de conversión:

1 m = 3.3 pie.

1 grado = 0.01745 rad.

^a “Las tolerancias son para accesorios hidrodinámicos soldados y accesorios con rosca rebajada. Para accesorios con rosca, duplique la tolerancia mostrada en la tabla. Las longitudes equivalentes presentadas están basadas en un factor C de 150 en la fórmula de pérdida por fricción de Hazen-Williams” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 22. Tolerancia en la longitud equivalente de la tubería para pérdidas por fricción en válvulas y accesorios con rosca *m* (pies).

Accesorio o válvula	Dimensión de tubería (pulgadas)							
	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1 1/4</i>	<i>1 1/2</i>	<i>2</i>	<i>2 1/2</i>	<i>3</i>
Codo de 45 grados	0.4 (1.2)	0.5 (1.5)	0.5 (1.8)	0.7 (2.4)	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	1.8 (6.0)
Codo de 90 grados	0.6 (2.0)	0.8 (2.5)	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	2.1 (7.0)	2.4 (8.0)	3.0 (10.0)
"T", paso	0.2 (0.6)	0.2 (0.8)	0.3 (0.9)	0.4 (1.2)	0.5 (1.5)	0.6 (2.0)	0.8 (2.5)	0.9 (3.0)
"T", de ramificación	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	1.8 (6.0)	2.1 (7.0)	3.0 (10.0)	3.6 (12.0)	4.5 (15.0)
Válvula de compuerta	0.1 (0.4)	0.2 (0.5)	0.2 (0.6)	0.2 (0.8)	0.3 (1.0)	0.4 (1.3)	0.5 (1.6)	0.6 (2.0)
Válvula de balanceo	0.2 (0.8)	0.3 (1.1)	0.5 (1.5)	0.6 (1.9)	0.7 (2.2)	0.9 (3.0)	1.1 (3.7)	1.4 (4.5)
Llave tipo obturador	0.2 (0.8)	0.3 (1.1)	0.5 (1.5)	0.6 (1.9)	0.7 (2.2)	0.9 (3.0)	1.1 (3.7)	1.4 (4.5)
Válvula de retención	1.7 (5.6)	2.5 (8.4)	3.4 (11.2)	4.2 (14.0)	5.1 (16.8)	6.8 (22.4)	8.5 (28.0)	10.2 (33.6)
Válvula globo	4.5 (15.0)	6.1 (20.0)	7.6 (25.0)	10.6 (35.0)	13.6 (45.0)	16.7 (55.0)	19.87 (65.0)	24.2 (80.0)

Válvula de ángulo	2.4 (8.0)	3.6 (12.0)	4.5 (15.0)	5.5 (18.0)	6.7 (22.0)	8.5 (28.0)	10.3 (34.0)	12.1 (40.0)
--------------------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------

Factores de conversión:

1 m = 3.3 pies.

1 grado = 0.0175 rad.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.12. Sistema de distribución de agua caliente.

Existen una serie de actividades humanas básicas como la higiene personal, la limpieza, desinfección de superficies y entre otras actividades que requieren del uso de agua con una temperatura mayor a la ambiental, por lo que es necesario contar con un sistema de abastecimiento de agua caliente en las edificaciones, y debe ser diseñado para cumplir eficientemente las necesidades de consumo, considerando también que la operación sea económica y los gastos de mantenimiento razonables.

2.3.12.1. Edificaciones que requieren agua caliente.

- *En edificaciones residenciales:* donde el agua caliente debe ser suministrada a todos los artefactos sanitarios y equipo utilizados para bañarse, lavarse, propósitos culinarios, limpieza, lavandería o mantenimiento de la edificación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- *Edificaciones destinadas a salud:* hospitales, clínicas, centros de salud, etc.; el agua caliente debe ser provista para abastecer a todos los artefactos hospitalarios, cocinas y para cumplir los requisitos de lavandería (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- *Edificaciones destinadas para asistencia social:* asilos, orfanatos, casas hogar, etc.; el abastecimiento de agua caliente en este tipo de edificaciones sería similar a las edificaciones residenciales.
- *Edificaciones destinadas para formación y rehabilitación:* centros de formación religiosa, centros de formación militar, centros de formación policial, centros de rehabilitación social y demás edificaciones similares.

- Edificaciones destinadas a hospedaje: hoteles, posadas y demás edificaciones con propósitos similares.
- Edificaciones no residenciales: destinos no residenciales donde el agua caliente debe ser suministrada a artefactos sanitarios y equipo utilizados para propósitos culinarios, limpieza, lavandería o mantenimiento de la edificación, así como para bañarse y lavarse (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.12.2. Dotación de agua caliente.

Entendemos por dotación a la cantidad de agua asignada a un tipo de usuario para su consumo en un determinado tiempo. Se la expresa en una unidad volumétrica (L), un usuario (habitante, área u otra unidad), y por el tiempo en el cual es consumida dicha cantidad (día), en este caso nos referimos a la dotación de agua caliente.

Tabla 23. Dotación de agua caliente.

Tipo de edificación		Dotación	Unidad
Viviendas unifamiliares y multifamiliares	1 dormitorio	120	L/día
	2 dormitorios	250	L/día
	3 dormitorios	390	L/día
	4 dormitorios	420	L/día
	5 dormitorios	450	L/día
	Más de 5 dormitorios	80	L/día por cada dormitorio adicional
Hoteles, albergues y similares ^a	Hoteles, hostales y similares	150	L/dormitorio/día
	Albergues	100	L/m ² /día
Restaurantes ^b	Área útil hasta 40 m ²	900	L/día
	Área útil de 41 a 100 m ²	15	L/m ² /día

	Área útil de más de 100 m ²	12	L/m ² /día
Locales educativos y residencias estudiantiles		50	L/ persona /día
Gimnasios		10	L/m ² área útil /día
Hospitales, clínicas, consultorios y similares	Hospitales y clínicas con hospitalización	250	L/cama/día
	Consultorios médicos	130	L/consultorio/día
	Clínicas dentales	100	L/unidad dental/día

^a Valores de dotación no incluyen servicios como restaurantes, bares, salones de baile, peluquerías y lavanderías, cuya dotación deberá ser calculada adicionalmente.

^b En restaurantes donde se elaboren alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará una dotación complementaria de 3 litros por plato preparado con dicho fin.

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento, Dirección Nacional de Saneamiento., s.f).

2.3.12.3. Sistemas de producción de agua caliente.

“El suministro de agua caliente requiere siempre de un equipo de calentamiento de agua, sea cual fuere la fuente de energía que se utilice y una red de alimentación desde el equipo hasta cada uno de los puntos de uso” (Castillo Anselmi, 2014). Se debe considerar que los calentadores de agua y tanques de almacenaje deben ser ubicados y conectados de modo que se provea acceso para observación, mantenimiento, servicio y remplazo, sin que sea necesario inhabilitar el funcionamiento de un sistema clasificado como resistente al fuego ni remover alguna construcción permanente, otros artefactos u cualquier otra tubería o conductos que no estén conectados al artefacto a inspeccionar, servir, reparar o remplazar (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Es importante mencionar que los calentadores que utilizan energía eléctrica pueden ser instalados en lugares abiertos o cerrados, mientras que los calentadores que utilizan combustible deben ser instalados en lugares abiertos, para cualquier tipo de calentador sea eléctrico o combustible se recomienda una temperatura de 40 °C a la salida de los dispositivos sanitarios para satisfacer los requerimientos humanos en los casos de aseo personal y necesidades del hogar, y a la salida del calentador 60 °C, debido a la pérdida de calor que se produce en el recorrido (Castillo Anselmi, 2014).

Mientras que, en el caso de lavanderías, lavado de trastes de cocina, usos en hospitales y clínicas o en procesos industriales, el agua podría ser requerida con una mayor temperatura; también se recomienda a fin de inhibir el crecimiento de bacterias, mantener temperaturas de 60 °C o mayores (García Sosa, 2001).

El control de temperatura puede hacerse por medio de termostatos instalados en sitios adecuados del almacenamiento, de manera que operen automáticamente, calentando cuando la temperatura desciende por debajo del límite inferior fijado, e interrumpiendo el calentamiento cuando la temperatura aumenta a un límite superior al fijado (Pérez Carmona, 2015).

Los calentadores de agua pueden ser del tipo instantáneo, de circulación o con almacenamiento, ya sea utilizando energía eléctrica a través de una resistencia o utilizando un combustible (gas, petróleo, vapor, etc.) a través de un quemador (Castillo Anselmi, 2014).

2.3.12.3.1. Calentadores instantáneos.

“Los calentadores instantáneos son eficientes para caudales de producción de agua caliente relativamente bajos del orden entre 3 a 16 litros por hora, se utilizan cuando el número de puntos de suministro por calentador es limitado, y la distancia entre la fuente de agua caliente y los puntos de salida no permite gran pérdida de calor” (Castillo Anselmi, 2014).

Generalmente se utilizan aparatos eléctricos, los cuales calientan el agua inmediatamente antes de ser requerida por el aparato sanitario, cuya producción de agua caliente se da por medio de una resistencia eléctrica, la cual se acoge a lo que indica la NTE INEN 1912.

También pueden ser calentadores de gas, este tipo de calentador cuenta con un serpentín interior por donde circula el agua y eleva la temperatura rápidamente, el serpentín tiene un diámetro reducido por lo cual no admite grandes flujos de agua por lo cual la alimentación es limitada, este tipo de calentador se acoge a la NTE INEN 2187.

2.3.12.3.2. Calentadores de circulación.

“El sistema consiste en un equipo de producción de agua caliente, una red de distribución de agua caliente, un sistema de retorno de agua caliente y un equipo o bomba de retorno. El sistema es regulado con temperatura de salida del calentador, temperatura de llegada a las salidas de suministro, temperatura de arranque y parada del retorno” (Castillo Anselmi, 2014).

Utilizado en edificaciones con un número importante de aparatos sanitarios con requerimiento de agua caliente, distancias considerables entre el equipo de producción de agua caliente y los aparatos sanitarios, donde la salida del agua caliente en el aparato sanitario sea muy rápida (Castillo Anselmi, 2014).

Para el caso de calentadores de agua a gas se toma en cuenta la NTE INEN 2124, esta norma es aceptada tanto para calentadores de circulación como de almacenamiento.

2.3.12.3.3. Calentadores de almacenamiento.

Los calentadores con almacenamiento trabajan eficientemente para cualquier caudal de producción, establecido de acuerdo con las normas vigentes, según el tipo y uso de la edificación, los caudales de producción y volumen de almacenamiento (Castillo Anselmi, 2014).

Sin embargo, la durabilidad del tanque de almacenamiento está sujeta a una amplia variación que depende del tipo particular del material usado, del grosor del material del tanque y de la aplicación de capas protectoras dentro del tanque, tales como capas de cobre o capas de cemento especiales o la instalación de ánodos sacrificadores dentro del tanque para protegerlo contra la rápida corrosión. La temperatura a la que los tanques son operados es de un significado especial debido a que los efectos de corrosión en los tanques se aumentan apreciablemente a temperaturas por encima de los 60 °C (Pérez Carmona, 2015).

La Asociación Técnica Española de Climatización (2010) afirma que los aspectos básicos para su selección son la presión y la temperatura de trabajo, pero que la característica más importante para la selección del tanque de almacenamiento es el material con el que están fabricados, existiendo tres tipos fundamentales:

- Acero inoxidable.
- Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.
- Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Para realizar el diseño del sistema debe seguirse los siguientes pasos:

1. Selección del tipo de calentador a utilizar teniendo en cuenta factores como costo y disponibilidad del agente de calor o combustible; espacio disponible para su ubicación, operación y mantenimiento, costo operativo y disponibilidad en el mercado (Castillo Anselmi, 2014).
2. Determinación del tamaño del equipo y volumen de almacenamiento. Considerando el tipo de edificación, la dotación de agua caliente y la cantidad de usuarios (Castillo Anselmi, 2014). El volumen de almacenamiento se calculará considerando el caudal que los aparatos sanitarios que necesiten de agua caliente para su funcionamiento.
3. Determinación de las temperaturas tanto de producción como de uso, como de las necesarias para el funcionamiento del sistema de retorno (Castillo Anselmi, 2014).

4. Definición del tipo de tubería a emplear en las redes de distribución de agua caliente, así como del tipo de aislante térmico para su recubrimiento (Castillo Anselmi, 2014). Es recomendable utilizar tuberías de cobre.
5. Cálculo de la red de distribución propiamente dicha, el cual se realiza utilizando el mismo método que para el cálculo de la red de distribución de agua fría. Sin embargo, es importante mencionar que el caudal de los aparatos sanitarios cambia con respecto al del agua fría.
6. Cálculo del sistema de circulación o retorno, cuando el sistema de producción de agua caliente lo requiera, el cual tiene por objeto hacer circular el agua que se enfría debido a la pérdida de calor por conducción, convección y radiación, cuando el sistema de agua caliente se encuentra estático, es decir, cuando no hay consumo de agua caliente o es mínimo (Castillo Anselmi, 2014).

2.3.12.3.4. *Conexiones.*

La Asociación Técnica Española de Climatización (2010) especifica que depósitos de almacenamiento deben disponer de las siguientes conexiones:

- Entrada de agua de consumo con un deflector que la dirija hacia la parte inferior del depósito, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la estratificación del agua en su interior.
- Salida del agua caliente hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
- Vaciado en la parte inferior para la purga de lodos y para la toma de muestras para los análisis de presencia de bacterias y parásitos.
- Registro para limpieza; para capacidades inferiores a 750 litros se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual.
- Tomas para la conexión de los sistemas de producción, bien con intercambiadores exteriores de placas, o bien con serpentines interiores.
- Se requieren otras conexiones para sondas de regulación, termómetros, válvula de seguridad, recirculación de agua caliente, etc.

- Asimismo, por tratarse de equipos metálicos con riesgo de corrosión, suelen incorporar la posibilidad de protecciones catódicas.

- Válvula de la tubería de agua fría.

“El ramal de agua fría desde la tubería matriz de suministro de agua a cada tanque de almacenamiento de agua caliente o calentador de agua debe estar provista de una válvula accesible, ubicada cerca del equipo y sirviendo sólo al tanque de almacenamiento de agua caliente o al calentador de agua. La válvula no debe interferir o causar interrupción del suministro de agua fría al resto del sistema de agua fría. La válvula debe ser provista de acceso en el mismo piso que el calentador de agua al que sirve” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Circulación de agua.

“El método para conectar un calentador de agua de circulación al tanque debe proveer la correcta circulación de agua a través del calentador de agua” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.12.3.5. *Dispositivos de seguridad.*

Debido a la agresividad de los efectos del golpe de ariete, contra el sistema, se recomienda prevenirlo mediante el uso de mecanismos amortiguadores en los puntos más cercanos a elementos que puedan provocarlos tales como las válvulas de cierre rápido o la puesta en marcha de bombas, etc.

Los sistemas de suministro de agua caliente deben estar provistos de dispositivos de seguridad para aliviar y limitar el caso de presiones peligrosas y/o temperaturas excesivas; las presiones se consideran peligrosas cuando exceden las condiciones del trabajo para los que el equipo y la tubería están diseñadas, mientras que las temperaturas se consideran excesivas y peligrosas cuando exceden los 98.9 °C o según los rangos permitidos para cada tipo de edificación (Pérez Carmona, 2015).

- Dispositivos antisifonaje.

“Se debe proveer un medio aprobado, como un “tubo de inmersión” de agua fría con un orificio en la parte superior o una válvula de alivio al vacío instalada en la línea de suministro de agua fría por encima de la parte superior del calentador o tanque, para impedir el sifonaje de cualquier tanque o calentador de agua con tanque” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Apagado.

“Un medio para desconectar un sistema de suministro de agua caliente eléctrico de su fuente de energía debe ser provisto de acuerdo con NFPA 70. Una válvula separada debe ser provista para cerrar el suministro de combustible a todos los otros tipos de sistemas de suministro de agua caliente” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Válvula de alivio.

“Todos los calentadores de agua con tanque que operan por encima de la presión atmosférica deben estar provistos con una válvula aprobada de alivio de cierre automático (de palanca) que regula la presión y una válvula de alivio que regula la temperatura o una combinación de ambas” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La válvula de alivio debe colocarse para descargar una presión de 17.6 m.c.a. (25 psi) más alta que la presión máxima de servicio, bajo la cual el sistema puede operar en cualquier momento, pero en ningún caso la presión máxima de trabajo puede exceder los 88 m.c.a. (125 psi), a menos que el sistema esté específicamente diseñado para un servicio de presión más alta (Pérez Carmona, 2015).

Dichas válvulas deben ser instaladas en el casco del tanque del calentador de agua. La válvula de alivio de temperatura debe ubicarse en el tanque de tal modo que sea activada por el agua en los 152 mm (6 pulgadas) superiores del tanque servido. Preferiblemente debe instalarse en la línea de suministro de agua fría al calentador o al tanque (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Aprobación de las válvulas de alivio.

Las válvulas de alivio de temperatura y presión, o combinaciones de ambas, y los dispositivos de corte de energía deben tener una calibración de temperatura de no más de 99 °C (210 °F) y una calibración de presión que no exceda la presión nominal de trabajo del tanque o calentador de agua establecida por el fabricante, o 105.5 m.c.a. (150 psi), la que sea menor. (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

▪ Requisitos para la tubería de descarga.

Según el INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC. (2009), la tubería de descarga que sirve a una válvula de alivio de presión, de temperatura o de combinación debe:

- No estar conectada directamente al sistema de desagüe sanitario.
 - Descargar a través de un espacio de aire ubicado en el mismo espacio que el calentador de agua.
 - No ser menor que el diámetro de la boca de salida de la válvula servida y debe descargar en toda su dimensión al espacio de aire.
 - Servir un único dispositivo de alivio y no debe conectar tuberías que sirvan a otro dispositivo de alivio o equipo.
 - Descargar al piso, a una bandeja que sirva al calentador de agua o al tanque de almacenamiento, a un receptor de desperdicios o al exterior.
 - Descargar de manera que no cause daños personales o daños estructurales.
 - Descargar a un punto de terminación que sea directamente observable por los ocupantes de la edificación.
 - No tener trampa hidráulica (sifón).
 - Estar instalada de manera que fluya por gravedad.
 - No terminar a más de 152 mm (6 pulgadas) por encima del piso o receptor de desechos.
 - No tener una conexión roscada en la terminación de tal tubería.
 - No tener válvulas o accesorios en tee.
- Bandeja requerida.

Donde se instalen calentadores de agua o tanques de almacenamiento de agua caliente en lugares en los que una pérdida en los tanques o en las conexiones cause daño, el tanque o calentador de agua debe ser instalado en una bandeja de acero galvanizado con un espesor de material no menor que 0.6010 mm (0.0236 pulgada) (calibre N°24), u otras bandejas aprobadas para tal uso (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La bandeja no debe tener menos de 38 mm (1 1/2 pulgadas) de profundidad y debe tener suficiente tamaño y forma para recibir todo el goteo o condensación del tanque o calentador de agua. La bandeja debe ser drenada por una tubería de desagüe indirecto que tenga un diámetro mínimo de 19 mm (3/4 pulgada) (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

El tubo sanitario de desagüe de la bandeja se debe extender sin disminuir su dimensión y debe terminar sobre un receptor de desperdicios indirecto adecuadamente ubicado o en un desagüe de piso o se debe extender al exterior de la edificación y debe terminar a no menos de 152 mm (6 pulgadas) y no más de 610 mm (24 pulgadas) por encima de la superficie del terreno adyacente (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.12.4. Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente.

La capacidad volumétrica del tanque de almacenamiento y la capacidad del equipo de producción están determinadas en función de la dotación de agua caliente.

El tanque de presión de agua caliente será de metal inoxidable, de forma cilíndrica ubicada en posición horizontal o vertical, además deberá contar con su respectiva válvula de seguridad, una ventosa y una válvula de descarga de fondo con fines de limpieza (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

Tabla 24. *Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente.*

Tipo de edificación	Capacidad del tanque de almacenamiento en función de la dotación diaria en litros	Capacidad horaria del equipo de producción de agua caliente en función de la dotación diaria en litros
Viviendas unifamiliares y multifamiliares	1/5	1/7
Hoteles, albergues y similares	1/7	1/10
Restaurantes	1/5	1/10
Gimnasios	2/5	1/7
Hospitales, clínicas, consultorios y similares	2/5	1/6

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento, Dirección Nacional de Saneamiento., s.f).

Las capacidades también pueden ser determinadas en función de las demandas de los aparatos sanitarios, mediante una estimación de caudales en función del número de total de aparatos a los que se planea abastecer y al uso simultáneo de los mismos.

Tabla 25. *Requerimientos estimados de agua caliente en varios tipos de edificaciones con calentadores, con almacenamiento. Demanda en litros por hora por aparato sanitario, calculada con temperatura final de 60 °C.*

Aparatos sanitarios	Departamentos	Hoteles	Oficinas	Viviendas	Escuelas
----------------------------	----------------------	----------------	-----------------	------------------	-----------------

Lavabo privado	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Lavabo público	15.0	30.0	23.0	-	57.0
Tina	76.0	76.0	-	76.0	-
Lavavajillas ^a	57.0	50 – 200	-	57.0	100.0
Fregadero de cocina	38.0	114.0	76.0	38.0	76.0
Lavandería	76.0	106.0	-	76.0	-
Cocineta de servicio	19.0	38.0	38.0	19.0	38.0
Duchas	114.0	284.0	114.0	114.0	850.0
Vertedero de servicio	76.0	114.0	76.0	57.0	76.0
Factor de demanda	0.30	0.25	0.30	0.30	0.40
Factor de almacenamiento ^b	1.25	0.80	2.00	0.70	1.00

^a Los requerimientos de los lavavajillas pueden ser tomados de esta tabla o pueden ser más precisos si son proporcionados por el fabricante para el tipo de lavavajillas que será utilizado.

^b Es la relación de la capacidad del tanque de almacenamiento a la demanda máxima probable por hora. La capacidad de almacenamiento puede reducirse si se tiene un suministro ilimitado de agua caliente.

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

2.3.13. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de agua potable, para proveer la cantidad necesaria a una velocidad y presión apropiada. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

2.3.13.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de instalaciones hidrosanitarias para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Ubicación.
- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Ocupación actual y/o futura.
- Usos.
- “Presión estática diaria mínima de servicio en el área donde va a ser ubicada la edificación” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- Ubicación de acometida.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones hidrosanitarias.

2.3.13.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar todos los aparatos sanitarios en la vista en planta, así como la ubicación de la acometida de agua potable o la posible ubicación de esta.
3. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las tuberías verticales, también denominadas montantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación,

mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.

4. Elegir el sistema de abastecimiento de agua que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto.

Con base en el análisis del edificio se debe establecer el número de zonas de presión necesarias. Entenderemos por zona de presión a el área de un edificio que tiene un punto común como origen de energía o abastecimiento de agua (García Sosa, 2001).

Para cada una de las zonas de presión establecidas, se debe determinar el tipo de alimentación que se utilizará; puede ser alimentación ascendente, descendente o mixta.

“Cuando se toma como una sola zona de presión la totalidad de un edificio muy alto o extenso horizontalmente, las capacidades de los tanques, de las cisternas y de las bombas son excesivas, dando como resultado presiones extremadamente altas en la cercanía de los sitios de abastecimiento, con los consiguientes problemas de posibles filtraciones, mayores posibilidades de falla en las conexiones, etc.” (García Sosa, 2001).

“A fin de reducir estos problemas, es conveniente dividir el suministro del edificio en varias zonas de presión, y proyectar los servicios de agua fría y caliente de manera independiente en cada una ellas; así, cada zona cuenta con su propio sistema de bombeo, de alimentación, bajantes, depósitos, calentadores, etc.” (García Sosa, 2001).

El número de zonas de presión se establece con base en consideraciones económicas y técnicas, teniendo en cuenta que, al incrementarse este número, se aumenta el número de tanques, bombas y tuberías, pero disminuyen la capacidad de todos ellos, así como la presión en las tuberías de alimentación, es por ellos necesario acudir a la experticia de un profesional (García Sosa, 2001).

5. Elegir el sistema de producción de agua caliente que se acople adecuadamente a las necesidades del proyecto, tanto técnicamente como económicamente, considerando la demanda y el servicio que cada aparato sanitario va a prestar, así como el uso adecuado de energía.

6. Realizar el trazado de la red de abastecimiento, tanto de los tramos verticales como horizontales.

“Es recomendable considerar todas las instalaciones con las que contará el edificio (agua fría, agua caliente, aguas residuales, ventilación, aguas pluviales, etc.) a fin de tomar en cuenta los requerimientos de espacio para todas las instalaciones, así como las facilidades necesarias de acceso al mantenimiento y reparación” (García Sosa, 2001).

Se debe contemplar que las instalaciones hidráulicas y sanitarias en general tienen derivaciones a 45 y 90°, aunque se debe considerar que, en grandes obras de abastecimiento de agua fría, principalmente las armadas con conexiones bridadas, se dispone de codos con ángulos de 90, 45, 22.5 y 11.25° (Becerril, 2011).

Debe considerarse las válvulas y accesorios necesarios tales como codos, tees, reducciones, entre otros. Además, se debe tomar en cuenta el aislamiento de los aparatos sanitarios por zonas o conjuntos de estos mediante válvulas, para no inhabilitar todo el sistema en caso de avería, así como para dividir el suministro para distintas propiedades horizontales en una edificación (Rodríguez, 2005).

Debe contemplarse el sistema de producción de agua caliente elegido, para realizar el trazado de dicho sistema, la identificación de la ubicación de los aparatos requeridos para su producción, así como de los dispositivos de seguridad, accesorios y válvulas necesarias.

El recorrido resultante deberá ser plasmado sobre el plano arquitectónico y/o modelado tridimensionalmente mediante softwares especializados.

7. Enumerar los aparatos sanitarios y nudos de consumo. Se debe localizar el aparato crítico o más desfavorable y numerar los accesorios de la ruta crítica, desde el aparato crítico hasta el punto de salida de abastecimiento.
8. Determinar los caudales instantáneos mínimos requeridos para cada aparato sanitario, para así calcular el caudal máximo probable, el cual es la suma de los

caudales instantáneos mínimos; dicho procedimiento debe ser aplicado tanto para el sistema de distribución de agua fría como de agua caliente.

El análisis deberá realizarse partiendo del punto más alejado de la red, acumulando el caudal en sentido inverso al recorrido del agua, hasta llegar al origen de la alimentación, ya sea un tanque elevado, un sistema hidroneumático, etc. (García Sosa, 2001).

Se deberá realizar el dimensionamiento de la red considerando que los aparatos sanitarios no funcionarán simultáneamente.

Para hallar el caudal máximo probable, con el cual se diseña la red, existen múltiples métodos de cálculo entre los cuales se encuentran:

- *Método de la norma francesa.*

Este método tiene como apoyo una tabla donde se especifica el caudal mínimo para cada aparato sanitario, tanto para agua fría como para agua caliente, una vez obtenido el valor numérico del caudal se procede a la sumatoria del mismo según el tramo analizado.

El caudal máximo probable se calcula multiplicando la sumatoria del caudal mínimo instantáneo por el coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados (K_s), se debe considerar que este coeficiente varía dependiendo el número de aparatos sanitarios.

Normalmente este método se complementa con otro coeficiente que se utiliza cuando en una edificación existen espacios con características semejantes (K_{ss}), dicho coeficiente se multiplica por el coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados y a su vez por la sumatoria del caudal mínimo instantáneo obteniendo así el caudal máximo probable.

- *Método de Hunter original.*

Este método de probabilidades de Roy B. Hunter fue presentado en Estados Unidos en 1932 y ha servido de base para otros métodos que son modificaciones de este, cabe

mencionar que este método ya no es tan utilizado debido a que las modificaciones realizadas a través del tiempo se adaptan de mejor manera a la realidad y no generan un sobredimensionamiento de los diámetros de las tuberías.

En este método se definió las unidades de gasto o consumo, que asigna un valor según el aparato sanitario considerado, su ocupación y el tipo de control del sumidero, además toma en cuenta la simultaneidad de uso de los aparatos sanitarios.

- Método de Hunter modificado.

Este método fue fruto de la búsqueda de una mejor aproximación a la realidad de la que se planteada en el método de Hunter original, cuya única modificación fue que las unidades de gasto o consumo anteriormente designadas a cada aparato sanitario se redujeron en un 40 %.

- Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Para el Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias primero se debe determinar los valores de carga, en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.), de cada aparato sanitario previamente identificado, esto según la tabla denominada “Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios”. Una vez obtenido el valor de carga este debe ser transformado en caudal en L/s, considerando si se trata de un sistema de suministro principalmente para tanques de descarga o principalmente para fluxómetros, esto con la ayuda de la tabla denominada “Tabla para estimación de demanda”.

En caso de aparatos sanitarios que tengan suministro de agua fría y de agua caliente, los valores de carga equivalen a $\frac{3}{4}$ del valor total asignado al aparato sanitario, esto individualmente para cada sistema, el valor resultante deberá ser redondeado al inmediato superior.

Para los equipos o aparatos no especificados en cada uno de los métodos, se debe utilizar el caudal de operación especificado por el fabricante o se deberá elegir un aparato sanitario con similares características de gasto. Además de los métodos expuestos se puede recurrir a otros métodos ingenieriles reconocidos, esto respaldado por el estudio del caso por parte de un profesional.

9. En el proceso de selección del diámetro para cualquiera sistema de abastecimiento de agua es necesario reunir cierta información preliminar tal como: el caudal de diseño, diferencias de elevación, materiales de las tuberías, longitud hasta el aparato más alejado, límites de velocidad y presión, medidas comerciales de las tuberías, diámetro mínimo según el aparato sanitario a abastecer y demás datos necesarios para el correcto dimensionando (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). Todos los requerimientos antes mencionados son de primordial cumplimiento debido a que un mal dimensionamiento puede llevar a repetir dos de las quejas más comunes y frecuentes sobre la operación del sistema de abastecimiento de agua que son la falta de presión adecuada y el ruido (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

Si el diámetro seleccionado no cumple con los requerimientos necesarios se efectuarán las correcciones precisas, se propondrá un nuevo diámetro correspondiente al diámetro comercial inmediatamente superior o inferior, se realizará la verificación correspondiente mediante el cálculo hasta que se cumplan todos los requerimientos, evitando el sobredimensionamiento de la tubería, el diámetro establecido debe ser lo más pequeño posible (García Sosa, 2001). Considerando que todo diseño de ingeniería debe cumplir con requisitos mínimos de dimensionamiento y resistencia que se reflejan en funcionalidad, durabilidad, comodidad y eficiencia (Castillo Anselmi, 2014).

“Una regla empírica es que el diámetro se hará progresivamente más pequeño en la medida que el sistema se aleja de la tubería principal de suministro” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

10. Una vez realizada la distribución de la red en planta de toda la edificación, para cada uno de los sistemas, es muy importante realizar una vista isométrica a 45° o 30° de toda la red, esta isometría debe presentar parámetros como, el número de aparatos sanitarios por cada sección, las alturas de los aparatos sanitarios sobre el plano horizontal de referencia, incluyendo todos los accesorios como codos, tees, válvulas, etc. (Rodríguez, 2005).

“El realizar a escala los isométricos de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, facilita cuantificar con exactitud el material a utilizar o utilizado en ellas, al poderse observar todas y cada una de las conexiones, válvulas y tramos de tuberías” (Becerril, 2011).

11. Los métodos de dimensionado requieren la determinación del artefacto “hidráulicamente más alejado” a fin de computar la pérdida de presión causada por tuberías y accesorios. El artefacto hidráulicamente más alejado representa el artefacto que requiera la mayor presión disponible para operar apropiadamente, por lo cual garantizando que el aparato más alejado sea provisto de agua se sobreentenderá que los demás aparatos sanitarios también podrán ser provistos de agua (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Las pérdidas por fricción en la tubería son calculadas cuando se conoce el diámetro de la tubería, la longitud de la tubería y el caudal a través de la tubería, a evaluarse, debido a que con estos ítems es posible determinar las pérdidas por fricción (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La pérdida de carga en tuberías se calculará mediante la aplicación de la fórmula universal o racional de Darcy – Weisbach, en combinación con la fórmula de Colebrook – White que se aplica a cualquier régimen de flujo, (laminar, en transición y turbulento), tipo de material (rugosidad) y para cualquier tipo de fluido (Número de Reynolds que es función de la viscosidad del fluido), también puede aplicarse la fórmula de Flamant cuyo coeficiente se determina según el material de la tubería, parecido a la fórmula de Hazen-Williams la cual también puede aplicarse.

Una tubería que comprende diversos accesorios (codos, tees, válvulas, reducciones, etc.), y otras características, desde el punto de vista de carga, equivale a una tubería rectilínea de mayor longitud. En esta simple idea se basa el método para la consideración de las pérdidas locales, de gran utilidad en la práctica.

Consiste en sumar a la longitud del tubo, para el cálculo, longitudes que correspondan a la misma pérdida de carga que causarían los accesorios existentes en la tubería. A cada accesorio le corresponde una longitud adicional. Las pérdidas de carga localizadas corresponden a las producidas por hidrómetros, reguladores de caudal, piezas de unión, accesorios, distribuidores múltiples, reguladores de caudal, y piezas especiales. Las pérdidas por piezas especiales, hidrómetros y similares serán determinadas con base a información del proveedor (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

Es fundamental tomar en cuenta estas pérdidas en tramos de tuberías cortos y en especial cuando se tienen accesorios, para las instalaciones hidráulicas en edificaciones, son muy importantes (Rodríguez, 2005).

12. “Es esencial que suficiente presión esté disponible para superar todas las pérdidas del sistema causadas por fricción y elevación, de modo tal que los artefactos sanitarios operen apropiadamente” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La presión disponible se calcula restando de la presión otorgada por la red pública, la presión de salida asignada en el aparato más desfavorable, la altura estática o física desde la conexión domiciliaria, hasta la salida más desfavorable. Una vez hallada la presión disponible al aparato más desfavorable, en función del sistema de abastecimiento seleccionado, se analiza, si es necesario aumentar la presión, mediante un sistema de bombeo, o si la presión disponible es suficiente para que el aparato opere apropiadamente, considerando todas las pérdidas disponibles. Una vez garantizada la presión mínima al aparato en condición más desfavorable se garantiza la presión al resto de la edificación.

Es importante tener en cuenta que los requisitos, parámetros y valores que aparecen en las normas técnicas de diseño son mínimos, y que el proyectista deberá elaborar su proyecto teniendo en cuenta las características y condiciones propias de cada caso, efectuando el estudio, diseño y cálculo específicos, verificando que no esté por debajo de los requisitos y valores mínimos normativos, salvo casos excepcionales que deberán ser sustentados técnicamente (Castillo Anselmi, 2014).

“Debido a las condiciones variables presentes en el diseño hidráulico, no es práctico especificar reglas definitivas y detalladas para dimensionar el sistema de tuberías hidráulicas. Por lo tanto, otros métodos para el dimensionamiento o diseño conformes con las buenas prácticas de las normas de ingeniería son alternativas aceptables a las que aquí se presentan” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.3.13.3. Tabla.

Para elaborar las tablas utilizadas en el proceso de dimensionamiento es necesario identificar todos los tramos de la red de distribución y sus características individuales, es decir, ubicación, longitud total, material de la tubería, accesorios, etc., así como otros datos que faciliten el llenado de la tabla.

La estimación de caudales, el dimensionamiento de tuberías, el cálculo de pérdidas de carga y presiones de la red deberán resumirse en forma ordenada mediante el uso de un cuadro de cálculo. A continuación, se presenta una propuesta de una secuencia a seguir para el dimensionamiento de tuberías de una red de distribución de agua, cabe recalcar que se detallará un poco más el procedimiento correspondiente al agua fría, siendo el cálculo similar para el dimensionamiento de tuberías de agua caliente.

2.3.13.3.1. Información del proyecto.

Es importante contar con información que identifique al proyecto que se está ejecutando, entre los datos relevantes se tiene el nombre que identifique al proyecto, la fecha de realización del cálculo, las personas encargadas de diseñar y supervisar dicho

diseño, así como el plano correspondiente, además de la información mencionada se puede añadir cualquier otro dato de importancia para el proyecto.

Tabla 26. *Información del proyecto.*

Proyecto:
Fecha de realización:
Diseñador:
Supervisor:
Plano de referencia:
Número de hoja:

Fuente: Elaboración propia.

2.3.13.3.2. Estimación de caudales.

Como primer paso para el dimensionamiento de tuberías se debe estimar los caudales que recorrerán en cada tramo de tubería.

Tabla 27. *Información general para la estimación de caudales.*

Tramo		Caudal
<i>Punto de inicio</i>	<i>Punto final</i>	Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Tramo: Enumeración de los nodos de inicio y fin del tramo de acuerdo con lo establecido en los planos, identificando así el tramo a analizar.

Para el método de Hunter original, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 29. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter original.*

Aparato sanitario	Unidades de gasto UG	Caudal Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Unidades de gasto: Unidades de gasto según el aparato sanitario analizado.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de las unidades de gasto a caudal en L/s.

▪ *Método de Hunter modificado.*

Para el método de Hunter modificado, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 30. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter modificado.*

Aparato sanitario	Unidades de gasto UG	Caudal Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Unidades de gasto: Unidades de gasto según el aparato sanitario analizado, reducido en un 40% respecto al método de Hunter original.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de las unidades de gasto a caudal en L/s.

- Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Para el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 31. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Aparato sanitario	Valores de carga (w.s.f.u.)	Caudal Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Valores de carga: Valores de carga según el aparato sanitario analizado.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de los valores de carga a caudal en L/s, según el sistema de suministro.

2.3.13.3.3. Dimensionamiento de tuberías.

Una vez obtenido el caudal correspondiente para cada tramo de tubería se puede proceder con el dimensionamiento de tuberías.

Tabla 32. *Información general para el dimensionamiento de tuberías.*

Caudal Q (m³/s)	Diámetro interno de la tubería D (mm)	Área de la tubería A (m²)	Velocidad media del flujo V (m/s)

Fuente: Elaboración propia.

Caudal: Caudal del tramo analizado. Obtenido de la estimación de caudales.

Diámetro interno de la tubería: Diámetro interior de la tubería, según especificaciones del fabricante. Se enlistarán los diámetros internos comerciales y se empezará por el menor diámetro.

Con base en el diámetro interno comercial propuesto y el caudal de diseño para el tramo analizado se puede obtener la velocidad media de flujo (García Sosa, 2001).

Velocidad media del flujo: Velocidad media del tramo analizado.

Utilizando el diámetro propuesto en la columna denominada “*Diámetro interno de la tubería*” se puede realizar la verificación de la velocidad media del flujo en el tramo analizado, considerando que los siguientes límites:

- **Velocidad máxima:** 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- **Velocidad mínima:** 0.6 m/s.

La velocidad media del flujo será calculada de la siguiente manera:

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Despejando V:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Donde:

V : Velocidad media del flujo. [m/s]

Q : Caudal del tramo analizado. [m³/s]

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

Cuando el diámetro seleccionado no cumple con los límites de velocidad se debe seleccionar otro diámetro que produzca la velocidad requerida, considerando las siguientes recomendaciones:

Si velocidad es menor al límite inferior – Reducir diámetro

Si velocidad es mayor al límite superior – Aumentar diámetro

2.3.13.3.4. Cálculo de pérdidas de carga.

Es importante mencionar que se realiza la pérdida de carga se puede realizar solo para el tramo más desfavorable, debido a que garantizando que el aparato más alejado sea provisto de agua se sobreentenderá que los demás aparatos sanitarios también podrán ser provistos de agua.

Tabla 33. Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte I.

Tramo		Material de la tubería	Longitud física de la tubería	
<i>Punto de inicio</i>	<i>Punto final</i>		<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tramo: Identificación del tramo a analizar.

Material de la tubería: Material de la tubería analizada.

Longitud física de la tubería: Longitud física de la tubería en el tramo analizado, de acuerdo con lo estipulado en planos.

Tabla 34. Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte II.

Pérdida de carga distribuida	Pérdida de carga localizada	Longitud total de la tubería
hf (m)	hL (m)	Lt (m)

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada para cada tramo analizado.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada para cada accesorio presente en el tramo analizado.

Longitud total de la tubería: Sumatoria de la longitud física y las longitudes equivalentes (pérdida de carga distribuida y pérdida de carga localizada).

2.3.13.3.4.1. Pérdidas de carga distribuidas.

- Método de Flamant.

Para el método de Flamant, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 35. Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Flamant.

Coefficiente de Flamant	Pérdida de carga distribuida
m	hf (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de Flamant: Coeficiente de Flamant, determinado según el material de la tubería.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Flamant.

- *Método de Hazen-Williams.*

Para el método de Hazen-William, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 36. *Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Hazen-Williams.*

Coefficiente de fricción	Pérdida de carga distribuida
C	h_f (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de fricción: Coeficiente de fricción, determinado según el material de la tubería.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Hazen-Williams.

- *Método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.*

Para el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 37. *Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.*

Viscosidad cinemática del agua ν (m ² /s)	Número de Reynolds Re	Coefficiente de rugosidad de la tubería k (m)	Coefficiente de fricción f	Pérdida de carga distribuida h_f (m)

Fuente: Elaboración propia.

Viscosidad cinemática del agua: Viscosidad cinemática del agua, determinada según la temperatura del fluido.

Número de Reynolds: Número de Reynolds.

Coefficiente de rugosidad de la tubería: Coeficiente de fricción, determinado según el material de la tubería.

Coefficiente de fricción: Coeficiente de fricción, resultante del despeje de la fórmula de Colebrook-White.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Darcy – Weisbach.

2.3.13.3.4.2. Pérdidas de carga localizadas.

Tabla 38. Información general para el cálculo de pérdidas de carga localizadas.

Accesorio

Fuente: Elaboración propia.

Accesorio: Accesorio; para cada accesorio instalado en el tramo analizado.

- Método del Coeficiente k.

Para el método del coeficiente k, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 39. *Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Coeficiente k.*

Coeficiente k	Pérdida de carga localizada h_L (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente k: Coeficiente k, determinado según el accesorio analizado.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada con la fórmula del Coeficiente k.

- Método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Para el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 40. *Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Pérdida de carga localizada h_L (m)

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada con las tablas del método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

2.3.14. Sistema de bombeo.

“Una bomba es un aparato mecánico cuya función es adicionarle energía a un fluido para que pueda realizar un trabajo” (Pérez Carmona, 2015). Las bombas sólo pueden adicionarle energía a fluidos incompresibles como es el caso del agua, líquidos, etc. (Pérez Carmona, 2015). A un flujo se lo considera como incompresible cuando su densidad no cambia al ser sometido a alguna fuerza (Pérez Carmona, 2015).

Los equipos de bombeo de los sistemas de distribución de agua deben ubicarse en un ambiente adecuado con fácil acceso, tal que se tenga espacio libre alrededor de la bomba suficiente para su fácil montaje, mantenimiento, inspección, remoción, además debe contar con un piso con pendiente hacia desagües previstos, seguridad, ventilación e iluminación, así como protección contra la intemperie en caso de ser necesario, además, las bombas deben ser diseñadas para mantener su cebo (Morales, y otros, 2010). Es necesario disponer de un tapón de cebado (Pérez Carmona, 2015).

Para absorber las vibraciones de los equipos de bombeo estos deben instalarse sobre una fundición de concreto debidamente proyectada, además se fijarán sobre la fundición mediante pernos de anclaje, según las recomendaciones del fabricante (Morales, y otros, 2010).

El equipo de bombeo debe estar dotado de una adecuada protección contra sobrecargas, cortocircuitos, pérdida de fase, inversión de fase y sobre temperatura (Morales, y otros, 2010). Además, para equipos de bombeo que se utilicen en edificios o instalaciones que por su magnitud e importancia lo requieran, deberá preverse la conexión a un sistema alternativo de energía para casos de emergencia (Morales, y otros, 2010).

Se debe distinguir si el final del agua bombeada es un aparato sanitario o un tanque elevado. El aparato crítico es aquel que por su ubicación se encuentre en el punto de mayor dificultad para suministrar el caudal adecuado de servicio (Pérez Carmona, 2015). En dicho caso que el fin del agua bombeada sea el aparato crítico es imprescindible asumir un límite de presión para ese aparato y, a partir del mismo, hacer un recorrido a través de la ruta crítica hasta llegar al equipo de presión (Pérez Carmona, 2015). Cuando el agua es

llevada a un tanque elevado, la altura estática de éste dependerá del límite de presión asumida para el aparato crítico, se debe hacer un recorrido desde este aparato hasta el tanque y así determinar su correcta ubicación (Pérez Carmona, 2015). La altura estática es la diferencia vertical medida entre el eje de la bomba y la superficie del agua a elevar (Pérez Carmona, 2015).

En la parte inferior de la edificación existe una estructura de almacenamiento, la cual puede ser superficial, semi subterránea o subterránea, en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público; desde dicha estructura de almacenamiento un número de bombas establecido (casi siempre una o dos), impulsarán el agua (Wekker & Asociados, 2004).

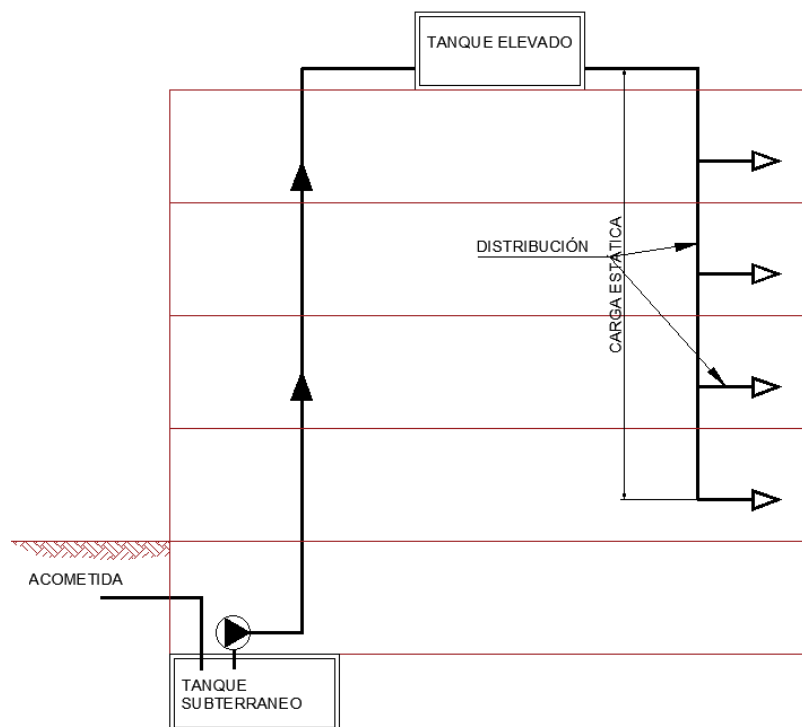


Ilustración 11. Sistema de tanque elevado.

Fuente: Autoría propia.

En un sistema de tanque elevado, el agua es bombeada a partir de la alimentación de la red municipal o de una cisterna hasta el tanque elevado colocado en la parte más alta

del edificio. Estos tipos de sistemas están integrados por el tanque elevado, los equipos de bombeo, los controles de los equipos de bombeo, así como alarmas y dispositivos de seguridad (García Sosa, 2001).

Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual surgirá una ramificación para cada piso para abastecer a los apartamentos correspondientes al mismo; este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose que no sobrepasen los valores adecuados (Wekker & Asociados, 2004).

2.3.14.1. Equipos de bombeo.

Existen diferentes tipos de bombas que se clasifican según la forma de impulsar el líquido, la posición de instalación, el uso, etc. Según la forma de impulsar el líquido se tienen las bombas de desplazamiento positivo (o empujadoras) y cinéticas (o de presión dinámica). Dentro de las bombas cinéticas se encuentran las bombas centrífugas, estas últimas son las más recomendadas, debido al amplio rango de capacidad, presión y disponibilidad (García Sosa, 2001).

Una bomba centrífuga es una maquinaria hidráulica que actúa moviendo el líquido de manera radial hacia fuera mediante un elemento rotatorio, que se conoce como impulsor alrededor de una caja circular llamada carcasa (García Sosa, 2001). “El impulsor es básicamente un disco con álabes pegados a él, que transmite energía al agua, que ingresa en su parte central, mediante un movimiento circular que es transmitido por una flecha conectada a un sistema motor” (García Sosa, 2001).

Las bombas centrífugas se clasifican en rotor de flujo radial, rotor de flujo axial y rotor de flujo mixto, es importante considerar que el rotor determina la relación con los parámetros de caudal Q , altura H y eficiencia η (Pérez Carmona, 2015). A continuación, se presenta una tabla con recomendaciones según el tipo de rotor de las bombas centrífugas.

Tabla 41. *Selección de bombas centrífugas según el tipo de rotor.*

Rotor	Caudal (Q)	Altura (H)	Eficiencia (η)
Radial	Medios y bajos	Medias y altas	Medias y medias altas
Axial	Grandes y muy grandes	Muy bajas y bajas	Altas y muy altas
Mixto	Medios y grandes	Bajas y medias	Medias altas y altas

Fuente: (Pérez Carmona, 2015).

La capacidad del equipo de bombeo estará determinada por el volumen de almacenamiento del tanque elevado, ya que deberá ser capaz de reemplazar dicho almacenamiento en un máximo de dos horas, aunque comúnmente una hora es el tiempo de reemplazo más utilizado (García Sosa, 2001).

El arreglo en paralelo de las bombas da como resultado un aumento respecto al caudal debido a que cada bomba aporta su valor, mientras la altura de bombeo permanece en el rango de operación de las bombas asociadas. En cambio, el arreglo en serie de las bombas representa un aumento en la altura de bombeo dado que la altura de elevación aumenta al pasar a la siguiente bomba, mientras el caudal es común para las bombas.

Un arreglo común de las bombas es la instalación en paralelo de estas, logrando alternar su uso a fin de prolongar la vida útil, además da la facilidad de mantenimiento de los equipos y absorción de solicitudes inesperadas, es importante considerar que cada equipo debe tener capacidad para suministrar el gasto máximo (García Sosa, 2001).

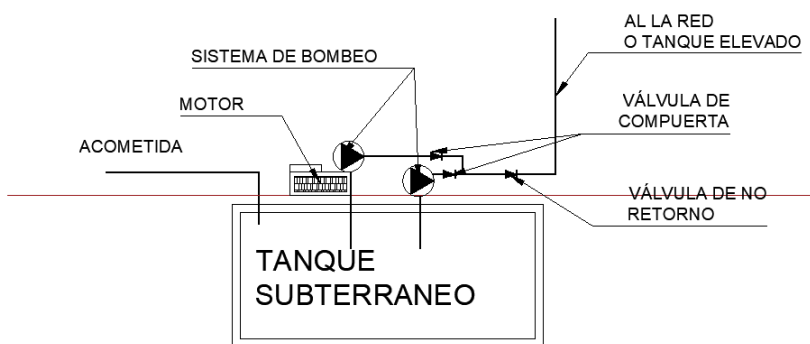


Ilustración 12. Diagrama de bombas en paralelo.

Fuente: Autoría propia.

2.3.14.2. Características del equipo.

La capacidad del equipo debe ser equivalente a la máxima demanda simultánea, a fin de que, si el tanque elevado se queda sin agua, la capacidad de la bomba puede suplir de inmediato la máxima demanda simultánea en la red interior.

2.3.14.3. Dimensionamiento de la bomba.

Para considerar y seleccionar en un sistema de abastecimiento de agua potable un equipo de bombeo del tipo centrífugo, se debe primero tener establecido los datos expuestos a continuación (Pérez Carmona, 2015).

- Caudal de bombeo con los máximos y mínimos (Pérez Carmona, 2015).
- La altura dinámica total tal que satisfaga los requerimientos de caudal (Pérez Carmona, 2015).

En función de las dimensiones del sistema de bombeo puede ser necesario ejecutar un estudio más minucioso de las condiciones hidráulicas, para evitar sobrepresiones, aire y otros fenómenos que puedan dañar el sistema, por lo cual podrán utilizarse válvulas especiales que solucionen estos problemas, además es necesario tomar en cuenta el material a utilizar, así como el uso de uniones flexibles, para evitar que las vibraciones deterioren los elementos del sistema (Castillo Anselmi, 2014).

2.3.14.3.1. *Conexiones.*

Las conexiones de la bomba a las tuberías de succión e impulsión deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Las juntas entre la bomba y las correspondientes tuberías deben ser de preferencia del tipo de brida o de tope (Morales, y otros, 2010).
- “Las tuberías de succión e impulsión deberán descansar sobre soportes independientes de las fundaciones de la bomba, instalándose con el menor número posible de codos” (Morales, y otros, 2010).
- “En el caso de bombas de recirculación de agua caliente, deberán proveerse de juntas de dilatación o expansión” (Morales, y otros, 2010).
- Los diámetros de las tuberías de succión siempre deben ser mayores que los de las tuberías de impulsión (Morales, y otros, 2010).
- De requerirse reducción de diámetro en la succión de la bomba, deberá utilizarse una reducción excéntrica que evite la acumulación del aire; en las tuberías de descarga se utilizarán reducciones concéntricas (Morales, y otros, 2010).

2.3.14.3.2. *Tubería de impulsión o descarga.*

La tubería de impulsión está comprendida desde la salida de la bomba hasta la salida del agua hasta la parte distal de la instalación, el flujo en esta tubería se da exclusivamente con la potencia de la bomba.

“Inmediatamente después de la bomba debe instalarse una válvula de retención (check) y una válvula de compuerta” (Morales, y otros, 2010). La válvula de retención es necesaria para prevenir daños en la bomba cuando el agua se regresa debido al apagado de la bomba (Pérez Carmona, 2015).

Los diámetros de las tuberías de impulsión de las bombas se deben determinar en función del caudal de bombeo (Morales, y otros, 2010).

El diámetro de la tubería de impulsión se puede estimar con la siguiente tabla:

Tabla 42. *Diámetro de la tubería de impulsión.*

Caudal de bombeo L/s	Diámetro de la tubería mm (pulgadas)
Hasta 0.85	19.1 (3/4)
De 0.86 a 1.50	25.4 (1)
De 1.51 a 2.30	31.8 (1 ¼)
De 2.31 a 3.40	38.1 (1 ½)
De 3.41 a 6.00	50.8 (2)
De 6.01 a 9.50	63.5 (2 ½)
De 9.51 a 13.50	76.2 (3)
De 13.51 a 25.00	101.6 (4)

Fuente: (Wekker & Asociados, 2004).

2.3.14.3.3. Tubería de succión.

La tubería de succión comprende la tubería y accesorios instalados entre la estructura de almacenamiento y la boca de entrada de la bomba. Se debe procurar diseñar la succión lo más corta posible, así como la instalación del menor número de accesorios (Pérez Carmona, 2015). “La succión no debe llegar al fondo del tanque, ni debe quedar pegada a la pared lateral” (Pérez Carmona, 2015).

Generalmente el diámetro de la tubería de succión se establece considerando un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de impulsión (Castillo Anselmi, 2014). El diámetro de la tubería succión debe ser mayor o igual al de la succión de la bomba, cuando el diámetro de la tubería de succión es mayor que la succión de la bomba se debe instalar una conexión excéntrica (Pérez Carmona, 2015).

“La carga de succión es positiva cuando la bomba trabaja ahogada, es decir, cuando el tirante del agua de la cisterna queda sobre el eje de succión” (Becerril, 2011).

“En las tuberías de succión con carga positiva se instalará una válvula de compuerta” (Morales, y otros, 2010).

“La carga de succión es negativa cuando la bomba se instala sobre el nivel máximo de agua dentro de la cisterna (sobre la tapa de la cisterna, sobre el nivel del piso que la rodea, etc.)” (Becerril, 2011). En las tuberías con carga negativa debe instalarse una válvula de pie en su extremo, para prevenir el descebado de las bombas (Morales, y otros, 2010).

“La presión en cualquier punto de la succión no debe ser reducida más allá de la presión de vapor del líquido a la temperatura en que se encuentra, porque se formará vapor que puede producir cavitación” (Castillo Anselmi, 2014).

2.3.14.3.4. *Altura manométrica o carga dinámica total.*

La altura dinámica total de bombeo es el incremento total de la carga de flujo; siendo el resultado de la suma de la altura estática de succión, de la altura estática de impulsión, las pérdidas de energía por fricción y localizadas (en la tubería de succión y de impulsión) y la presión mínima de servicio.

La pérdida dinámica total se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = H_s + H_i + P_s$$

Donde:

H_t : Altura manométrica o altura dinámica total. [m]

H_s : Altura manométrica de succión. [m]

H_i : Altura manométrica de impulsión. [m]

P_s : Presión de servicio (2 m.c.a. valor mínimo).

- Altura manométrica de succión (cuando el nivel mínimo del agua está por debajo del eje de la bomba):

$$H_s = H_{gs} + H_{fs}$$

Donde:

H_{gs} : Altura geométrica de succión. [m]

H_{fs} : Pérdidas de carga tubería de succión. [m]

La carga aportada por la succión está limitada por la carga neta positiva de succión (NPSH).

- Altura manométrica de impulsión:

$$H_i = H_{gi} + H_{fi}$$

Donde:

H_{gi} : Altura geométrica de impulsión. [m]

H_{fi} : Pérdidas de carga tubería de impulsión. [m]

Nota: Para el cálculo de pérdidas de carga H_{fs} y H_{fi} ver el capítulo denominado “Cálculo de pérdidas de carga”.

2.3.14.3.5. Carga neta positiva de succión. (NPSH)

Cuando el agua fluye a través de la bomba, la presión en la entrada y en la tubería de succión tiende a disminuir debido a las altas velocidades del flujo. Si la disminución de presión llegase a ser inferior que la presión de vapor de agua, se producen burbujas de vapor. Estas burbujas se transportan hasta llegar a una región de mayor presión e implosionan liberando ondas de choque que impactan con los alabes del impulsor de la bomba, provocando el deterioro de estos; este fenómeno se llama cavitación (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

La carga neta positiva de succión NPSH es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea, esta diferencia

es la necesaria para evitar la cavitación (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

Para garantizar que no se produzca cavitación, se debe cumplir que:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

El NPSH requerido es proporcionado por el fabricante y corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable.

El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de columna de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + H_s)$$

Donde:

$NPSH_{disponible}$: Carga neta positiva de succión. [m.c.a.]

H_{atm} : Presión atmosférica. [m.c.a.]

H_{vap} : Presión de vapor. [m.c.a.]

H_s : Altura manométrica de succión. [m.c.a.]

Tabla 43. Disminución de la presión atmosférica.

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica	
<i>m.s.n.m.</i>	<i>ft</i>	<i>m.c.a.</i>	<i>psi</i>
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
300	1640	9.72	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98

1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	7381	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.05
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

Tabla 44. *Presión del vapor de agua.*

Temperatura		Peso específico	Presión de vapor	
°C	°F	kg/dm ³	m.c.a.	psi
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
15	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
25	77	0.9970	0.323	0.459
30	86	0.9955	0.432	0.614

35	95	0.9939	0.573	0.815
40	104	0.9921	0.752	1.00
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.9777	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.984	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

2.3.14.3.6. *Potencia de la bomba.*

Es necesario realizar el cálculo de potencia del motor de la bomba dado que esta es la encargada de elevar el agua, se debe asegurar que el líquido llegue hasta el aparato más alejado del sistema de bombeo, garantizando así que el agua llegue a todos los aparatos sanitarios. La eficiencia de la bomba a colocar debe estar entre el 60 y 70%.

El valor teórico de la potencia en la bomba se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Qb * Ht}{76 * \left(\frac{\eta}{100}\right)}$$

Donde:

P: Potencia de la bomba. [HP]

H_t : Carga dinámica total. [m]

Q_b : Caudal de bombeo. [L/s]

η : Eficiencia de la bomba. [%]

76: Coeficiente de conversión de unidades.

2.3.14.3.7. *Caudal de bombeo.*

El caudal de bombeo corresponde a el mayor valor entre el caudal máximo simultáneo de la red y el resultante para llenar el tanque elevado en dos horas, mostrado a continuación.

$$Q_b = \frac{C_D}{86400} \times \frac{24}{T_b}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo. [L/s]

T_b : Tiempo de bombeo. [horas]

C_D : Consumo diario. [L]

2.3.14.3.8. *Procedimiento de cálculo.*

Utilizando el caudal de conducción se calcula el caudal de bombeo estimando un tiempo de bombeo que puede ser estimado en función del requerimiento del sistema.

Se determina la pérdida de carga total, para ello se debe considerar las pérdidas en accesorios en la tubería y la longitud total del recorrido de la tubería. Con este valor se determina la potencia de la bomba, y de ser el caso la potencia del motor.

Seguido, mediante los catálogos de fabricantes, se selecciona la bomba adecuada a las condiciones de bombeo y altura dinámica del sistema. Sobre las curvas ya definidas de la bomba seleccionada se deber trazar la curva del sistema y determinar el punto de operación. La selección deberá ser, tal que, se obtenga la máxima eficiencia del sistema

de bombeo (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

Mediante el resto de las curvas de la bomba se podrá determinar la eficiencia, potencia y el NPSH requerido, el cual se deberá comprobar que sea menor al disponible (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

2.3.15. Equipo hidroneumático.

Los equipos hidroneumáticos aprovechan las características de elasticidad del aire para poder satisfacer las demandas de la red hidráulica con la presión requerida, esto debido a que el agua almacenada en el tanque y la presión de este son suficientes para satisfacer las demandas de presión y de gasto, conservando así la energía evitando el uso continuo de los equipos de bombeo (García Sosa, 2001).

Donde el abastecimiento público de agua no garantice la presión suficiente para los requerimientos de la edificación, podrán instalarse equipos hidroneumáticos para conservar una presión adecuada en el sistema de distribución de agua (Morales, y otros, 2010). Además, en los casos en los que no se desee la instalación del tanque elevado por razones de estética o para evitar sobrecargar la estructura de la edificación, el tanque hidroneumático es una opción óptima como sistema de distribución de agua.

2.3.15.1. Elementos del sistema hidroneumático.

- Equipo de bombeo.
- Tanque hidroneumático.
- Dispositivo para detener el funcionamiento de las bombas y compresor (si lo hubiera) en caso de falta de agua en la estructura de almacenamiento.
- Dispositivos de medición y control tales como manómetro, válvula de seguridad, medidor de flujo.
- Interruptor de presión.
- Válvula de retención, entre la bomba y el tanque hidroneumático.
- Válvula de compuerta que permita la operación y desmontaje de los equipos.

- Compresor o cargadores de aire que reemplacen el aire perdido en el tanque hidroneumático, así como cualquier otro artefacto capaz de suministrar aire a presión.

2.3.15.2. Consideraciones de diseño.

Para la selección de este sistema se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Debe disponerse de una estructura de almacenamiento (cisterna), con capacidad mínima igual a la dotación diaria del edificio.
- El sistema de bombeo para abastecimiento del tanque hidroneumático será estimado como se indica en el capítulo denominado “Sistema de bombeo”.
- Bajo la condición de máxima demanda, el tiempo de bombeo para llenar el tanque hidroneumático será de 1 hora.
- La presión mínima debe ser tal que garantice la presión mínima en el aparato más desfavorable.
- La presión máxima debe ser tal que no exceda el valor límite estipulado por el fabricante.

2.3.15.2.1. Presión mínima.

También conocida como presión manométrica, es la presión que acciona al equipo de bombeo, siendo el resultado de la suma de la altura geométrica entre el punto más desfavorable y la salida del agua del tanque hidroneumático, las pérdidas de carga de la tubería de conducción y la presión mínima de operación requerida en la descarga más alejada.

$$P_{min} = H_g + hf + Psi$$

Donde:

P_{min} : Presión mínima. [m]

H_g : Diferencia de cotas entre la altura del aparato más desfavorable y la cota de salida del agua en el tanque hidroneumático. [m]

hf : Pérdidas de carga en la tubería de conducción, desde la salida del tanque hidroneumático hasta el aparato más desfavorable (pérdidas distribuidas y localizadas). [m]

P_{si} : Presión mínima de servicio del aparato más desfavorable. [m]

2.3.15.2.2. *Presión máxima.*

Es la presión a la cual se debe detener el equipo de bombeo, se establece adicionando a la presión mínima un valor recomendado por la experiencia, de 14 m.c.a., no se deberá exceder el límite de presión máxima establecido por el fabricante para evitar daños al tanque presurizado (Castillo Anselmi, 2014).

$$P_{m\acute{a}x} = P_{min} + 14$$

$P_{m\acute{a}x}$: Presión máxima. [m]

2.3.15.2.3. *Presión de operación.*

La presión de operación de la red hidráulica del edificio nunca debe exceder la capacidad máxima de presión del tanque presurizado; esta capacidad la fija el fabricante, con base en el espesor de las paredes del tanque (García Sosa, 2001).

2.3.15.3. *Diseño del equipo hidroneumático.*

Una vez hallado el caudal máximo probable de la red y dimensionada la bomba, así como conocer las limitantes de presión, es posible calcular el volumen del tanque presurizado.

2.3.15.3.1. *Cálculo del volumen útil del tanque (V_u).*

El volumen útil del tanque representa el agua a suministrar entre la presión máxima y mínima de funcionamiento, dicha cantidad de agua podrá ser distribuida sin necesidad de que arranque la bomba.

$$V_u = Q_b * K$$

Donde:

Vu : Volumen de útil. [L]

Qb : Caudal de bombeo. [L/min]

k : Coeficiente en función de la potencia de la bomba.

Tabla 45. *Coeficiente K en función de la potencia de la bomba.*

Potencia de la bomba		K
kW	HP	
1	1.3	0.25
2	2.7	0.33
3	4.0	0.42
4	5.4	0.50
5	6.7	0.58
6	8.0	0.66
8	10.7	0.83
10	13.4	1

Factor de conversión:
1 kW= 1.34 HP.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.15.3.2. *Cálculo del porcentaje del volumen útil (%Vu).*

$$\%Vu = 90 * \frac{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}{P_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

$\%Vu$: Porcentaje de volumen útil. [%]

2.3.15.3.3. *Cálculo del volumen del tanque (Vt)*

$$Vt = \frac{Vu}{\frac{\%Vu}{100}}$$

Donde:

V_t : Volumen total del tanque a utilizar. [L]

2.3.16. Pruebas en instalaciones hidráulicas.

Para descubrir fugas y defectos se debe someter a prueba las instalaciones hidráulicas nuevas y las partes de sistemas existentes que han sufrido modificaciones, ampliaciones o reparaciones, dichas pruebas no son necesarias cuando la instalación sea temporal con propósito de exhibición (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la red de abastecimiento de agua, las instalaciones deben someterse a un proceso de inspección y prueba antes de ponerlas en servicio, en caso de que la prueba no resulte satisfactoria se procede a corregir fallas y se volverá a realizar la prueba hasta que la misma sea satisfactoria. Para controlar las pruebas se debe verificar que todos los registros de la red en prueba estén abiertos, dicho trabajo debe realizarse tanto para el sistema de suministro de agua fría como de agua caliente.

Una vez terminados los trabajos de la instalación, deben realizarse las siguientes pruebas:

- Hermeticidad.
- Obstrucción.
- Localización de pérdidas.

2.3.16.1. Hermeticidad.

Este es un ensayo para comprobar la ausencia de pérdidas en una tubería o instalación, lo que se demuestra por la perduración de la presión durante un período determinado, una vez aislada la fuente de presión.

Para ello deben cerrarse las llaves de paso terminales, abriendo las intermedias si las hubiera, inyectándose en las tuberías aire o agua potable a la presión manométrica que

corresponda, la presión no debe ser menor a la presión de trabajo del sistema, la cual deberá mantenerse sin variación durante 15 min., como mínimo.

Una vez verificada la hermeticidad de la tubería hasta las llaves de paso, se abren éstas y con las llaves de paso de los artefactos cerrados se comprueba la hermeticidad de éstos, en la misma forma que para las tuberías.

Se establecen las siguientes presiones neumáticas manométricas de prueba:

- Tramos correspondientes a media presión: 4 kg/cm².
- Tramos correspondientes a baja presión: 0.2 kg/cm².

La prueba debe medirse con un manómetro de diámetro de cuadrante de 100 mm, con vidrio irrompible, hermético al agua y al polvo, de los siguientes rangos:

- 0 a 5 kg/cm² para media presión.
- 0 a 1 kg/cm² para baja presión.

2.3.16.2. Obstrucción.

Terminada la prueba de presión se sacan sucesivamente los tapones y se abren las llaves de paso de cada uno de los artefactos, comprobándose por la falta de salida de aire o agua, las obstrucciones que pudiera haber. Deben tomarse las precauciones necesarias para asegurar que dentro de la prolongación no quede ningún tipo de obstrucción, tanto para las instalaciones nuevas como para aquellas que hayan quedado temporalmente interrumpidas.

2.3.16.3. Localización de pérdidas.

Se realiza empleando agua jabonosa aplicada con pincel sobre la superficie exterior de las tuberías, accesorios, llaves y juntas.

- No debe usarse llamas para localizar pérdidas en instalaciones de gas, o el llenado con agua u otro fluido para la detección de aquellas en instalaciones nuevas.

- No debe utilizarse igualmente oxígeno o soluciones corrosivas, admitiéndose sólo como excepción el empleo de agua a presión, para localizar pérdidas que no pueden detectarse por los procedimientos comunes.

2.3.17. Prueba en estructuras de almacenamiento de agua.

Para corroborar el correcto funcionamiento de las estructuras de almacenamiento de agua se procederá de la siguiente forma:

- Cerrar todas las válvulas de salida y limpieza de la estructura de almacenamiento a ensayar, para proceder luego a su llenado con agua hasta alcanzar su nivel máximo, a nivel de la tubería de rebose (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- Se deberá controlar que el nivel de agua en el reservorio no sufra ninguna variación, por al menos durante tres horas (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- En caso de observarse una variación del nivel máximo de agua, se identifica las fugas o filtraciones en paredes, superficies, tuberías y válvulas para proceder con su arreglo, cambio o reparación; una vez corregidas las causas probables de las pérdidas de agua se procederá a realizar una nueva prueba hasta obtener un resultado satisfactorio (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- Una vez aprobada la prueba se procederá a verificar el funcionamiento correcto de los niveles de arranque y parada de los equipos de bombeo, tubería de rebose y tubería de limpieza, así como la operación y funcionamiento de las válvulas de control (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

2.4. Sistema de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones

El sistema de desagüe de una edificación consiste en el conjunto de tuberías y accesorios sanitarios disponibles, de tal manera, que reciban y evacuen las aguas residuales circulantes, producto de las actividades fisiológicas humanas y desperdicios domésticos, además de la recolección de aguas lluvias, cuyo destino final serán las redes de alcantarillado público (Rodríguez, 2005).





El objetivo de este sistema es recoger las aguas servidas que se producen en las edificaciones y evacuarlas sanitariamente, es decir, sin causar contaminación hasta la red pública de alcantarillado, evitando la proliferación de enfermedades relacionadas con la incorrecta gestión de aguas servidas.


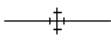
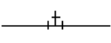



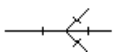
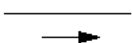
Además, el sistema de ventilación es de vital importancia dado que evacua los gases originados en las redes de desagüe por descomposición de materia orgánica y evita el retorno de malos olores al interior de la edificación, así como mantiene la presión atmosférica dentro del sistema evitando la pérdida de los sellos hidráulicos.

2.4.1. Simbología de los elementos de la red de evacuación.

Con el fin de estandarizar la simbología y nomenclatura utilizada en planos de diseño e informes de cálculo, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 46. *Simbología de los elementos de la red de evacuación.*

Símbolo	Significado
	Tubería de desagüe
	Tubería de ventilación
	Codo de 90°
	Codo de 45°

	Codo de 90° con ventilación
	Cruz
	Tee
	Tee sanitaria
	Tee sanitaria doble
	Yee simple
	Yee doble
	Sentido de flujo

Fuente: Elaboración propia.

Los símbolos gráficos no incluidos, deben indicarse en los planos del proyecto.

2.4.2. Materiales.

En instalaciones interiores de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación se utilizan con predilección los materiales plásticos, y principalmente las tuberías de policloruro de vinilo (PVC).

Tabla 47. *Tuberías y accesorios para tuberías de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones y la norma correspondiente.*

Material y/o accesorios	Norma
Tubería plástica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad.	NTE INEN 1374

Accesorios de desagüe para artefactos sanitarios.	NTE INEN 2901
Tubería plástica. Tubos de PVC rígido para uso en ventilación de sistemas sanitarios.	NTE INEN 2474
Tubería de poliolefino.	ASTM F 1412
Sistemas de desagüe de acero inoxidable, Tipos 304 y 316L.	ASME A112.3.1
Tubería de acero galvanizado.	ASTM A 53
Tubería de hierro fundido.	ASTM A 74; ASTM A 888.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. Diámetros comerciales.

En la tabla expuesta a continuación se presenta un listado de los diferentes diámetros comerciales de las tuberías empleadas para el sistema de drenaje y ventilación en una edificación, que se comercializan en el mercado ecuatoriano.

Tabla 48. Dimensiones de tubos PVC rígidos.

Diámetro nominal DN (mm)	Espesor mínimo de pared e (mm)	Tolerancia T= DM-DN (mm)	Diámetro interior nominal DI (mm)
50	1.8	+0.3	46.4
63	1.9	+0.3	59.2
75	2.0	+0.3	71.0
90	2.1	+0.3	85.8
110	2.2	+0.4	105.6
125	2.5	+0.4	120.0
140	2.8	+0.5	134.4
160	3.2	+0.5	153.6

180	3.5	+0.6	173.0
200	3.9	+0.6	192.2
225	4.4	+0.7	216.2
250	5.0	+0.8	240.0
280	5.5	+0.9	269.0
315	6.2	+1.0	302.6
355	7.0	+1.1	341.0
400	7.9	+1.2	384.2
450	8.9	+1.4	432.2
500	9.8	+1.5	480.4
560	11.0	+1.7	538.0
630	12.4	+1.9	605.2

DN: Diámetro nominal, expresa la dimensión comercial o normalizada del conducto, correspondiente al diámetro externo.

T: Tolerancia entre el diámetro exterior medio DM y el diámetro nominal DN.

DM: Diámetro exterior medio, equivale al diámetro exterior de una tubería.

DI: Diámetro interno de la tubería.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009).

2.4.4. Tipos de sistemas de evacuación.

2.4.4.1. Sistema único o combinado.

Este sistema está conformado por una red de tuberías, en las cuales convergen y circulan aguas residuales y pluviales por los mismos conductos. Este sistema puede experimentar el riesgo de sufrir un llenado completo de tuberías, produciendo sifonamiento y por consiguiente malos olores. Es un sistema económico.

2.4.4.2. Sistema separativo.

Este sistema mantiene dos redes independientes de tuberías de aguas residuales y aguas pluviales, tanto en bajantes, ramales y colectores. Un beneficio de este sistema es que en caso de ser necesario o desearlo se facilita el tratamiento de aguas residuales en la estación depuradora, así como el uso de las aguas pluviales.

2.4.4.3. Sistema de evacuación forzada.

Cuando en la red de saneamiento los puntos de inicio de desfogue se encuentran a menor altura que el punto de descarga a la red pública, la recolección y evacuación no se puede hacer por gravedad, entonces es necesario elevar el agua mediante un sistema de bombeo hasta el nivel del alcantarillado (Soriano & Pancorbo, 2012).

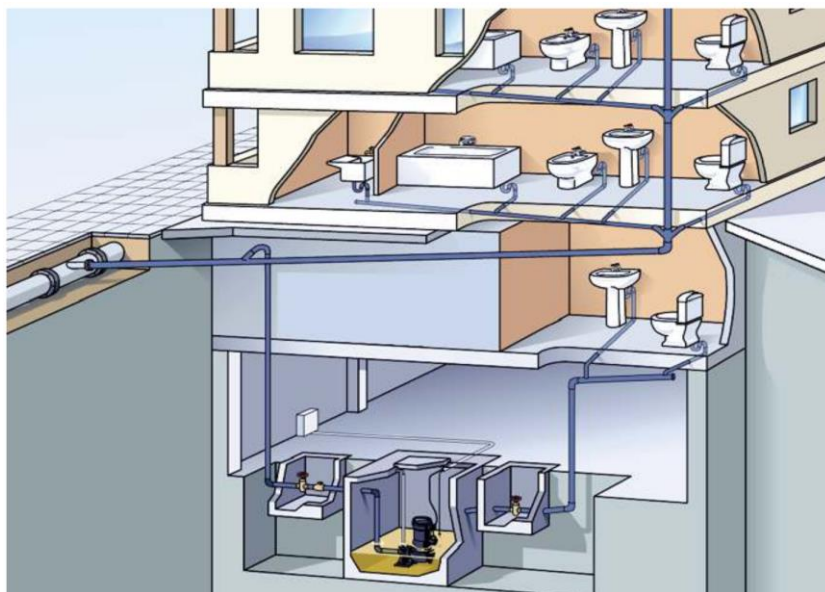


Ilustración 13. Sistema de evacuación forzada de tipo unitario.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

Dependiendo del sistema de evacuación seleccionado para la edificación, sea unitario o separativo, se instalará un grupo de evacuación forzada por cada tipo según corresponda.

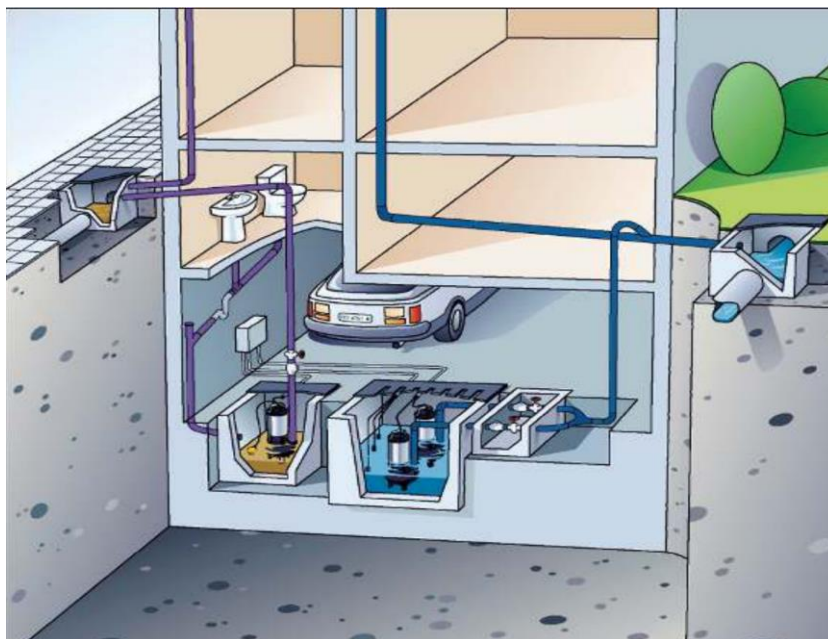


Ilustración 14. Sistema de evacuación forzada de tipo separativo.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.4.3.1. Dimensionamiento red de evacuación forzada.

Se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- Las bombas conectadas al sistema de desagüe deben conectarse al alcantarillado de la edificación o a una pieza Yee en el desagüe de aguas residuales de la edificación a una distancia mínima de 3 m de la base de cualquier bajante sanitario, o desagüe de aparatos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- La descarga se debe llevar independientemente a las tuberías de la edificación hasta la caja exterior de la misma, esto estará a cargo de una bomba o eyector de aguas residuales, o a un conjunto de estos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La selección del sistema de bombeo, así como su dimensionamiento, dependerá de diversos factores, como:

- Tipología de la edificación o número de plantas por debajo de la red de saneamiento.
- Tipología de las aguas a evacuar (residuales, pluviales o incluso mixtas).
- Caudal total de bombeo.
- Altura y recorrido de las aguas a impulsar, desde su aspiración hasta su vertido final a la red de saneamiento.
- Tipología y número de bombas a instalar para la recogida de las aguas a impulsar.

2.4.4.3.2. Caudal de la bomba.

El caudal que deberá ser impulsado por la bomba corresponde a la fracción de aguas residuales que se producen bajo la cota de salida por gravedad y la fracción de aguas pluviales que por diseño de la edificación se recogen en patios interiores o rampas de acceso a garajes.

Una vez obtenido el dato de caudal de aguas lluvias con el propósito de obtener un caudal global de trabajo, deberemos convertir las unidades de descarga (UDs), pertenecientes a la fracción de aguas residuales a evacuar por bombeo en caudal real, por lo que recurriremos al valor equivalente de caudal específico, igual a:

$$1 \text{ UD} = 0.47 \text{ L/s}$$

Una vez obtenido el caudal global de impulsión forzada se deberá incrementar el caudal de aportación en un 125%, por lo cual se debe multiplicar el caudal total de impulsión por 1.25 para cada una de las bombas del equipo, en el caso de que el grupo fuera múltiple.

$$Q_T = (Q_R + Q_P) * 1.25$$

Donde:

Q_T : Caudal total de bombeo en el sistema de evacuación forzada. [L/s]

Q_R : Caudal de aguas residuales. [L/s]

Q_P : Caudal de aguas pluviales. [L/s]

Una vez estimado el caudal de bombeo, se procede a calcular el diámetro de las tuberías de succión e impulsión. Cabe señalar que la presión manométrica de la bomba se obtendrá de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas.

2.4.4.3.3. Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales.

Una bomba o eyector de aguas residuales debe poseer la capacidad y la presión para los requerimientos de su aplicación, la capacidad mínima de una bomba o eyector se basa en el diámetro de la tubería de descarga como se muestra en la tabla a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 49. Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales.

Diámetro de la tubería de descarga mm (pulgadas)	Capacidad de la bomba o eyector L/s (gpm)
50 (2)	1.32 (21)
63 (2 ½)	1.89 (30)
75 (3)	2.90 (46)
<i>Factor de conversión:</i>	
1 gpm = 0.06309 L/s.	

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.4.3.4. Volumen del pozo de vertido para sistema de evacuación forzada.

El pozo debe ser accesible y ubicado de tal manera que todo el desagüe fluya al pozo por gravedad, así como debe estar correctamente ventilado, además el fondo del pozo debe ser sólido y proveer soporte permanente para la bomba (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). El pozo del sumidero debe contar con una tapa hermética a los gases, removible y apropiada para soportar las cargas de uso pronosticadas para esa área (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

El dimensionamiento del pozo de vertido de las aguas a ser bombeadas en el sistema de evacuación forzada se hará de manera que se limite el número de ciclos de activación de las bombas, para preservar la vida útil del equipo de elevación, siendo coherente la elección de valores comprendidos entre 5 y 9 arranques en una hora, considerando un número máximo de 12 arranques en una hora (Soriano & Pancorbo, 2012).

$$V_u = \frac{0.3 * Q_t}{N}$$

Donde:

V_u : Volumen útil del pozo de vertido. [L]

Q_T : Caudal de bombeo. [L/hora]

N : Número de arranques hora escogidos.

Es importante mencionar que mientras más bombas actúen alternativamente la frecuencia de arranque será menor (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5. Sistema de evacuación de aguas residuales.

2.4.5.1. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales.

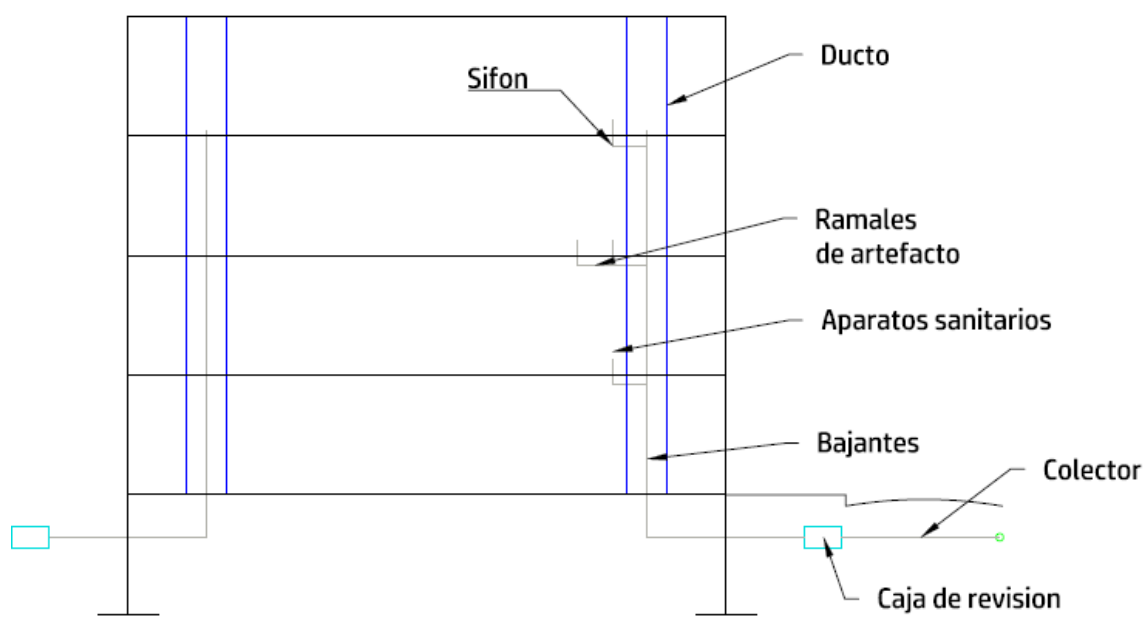


Ilustración 15. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico I.

Fuente: Autoría propia.

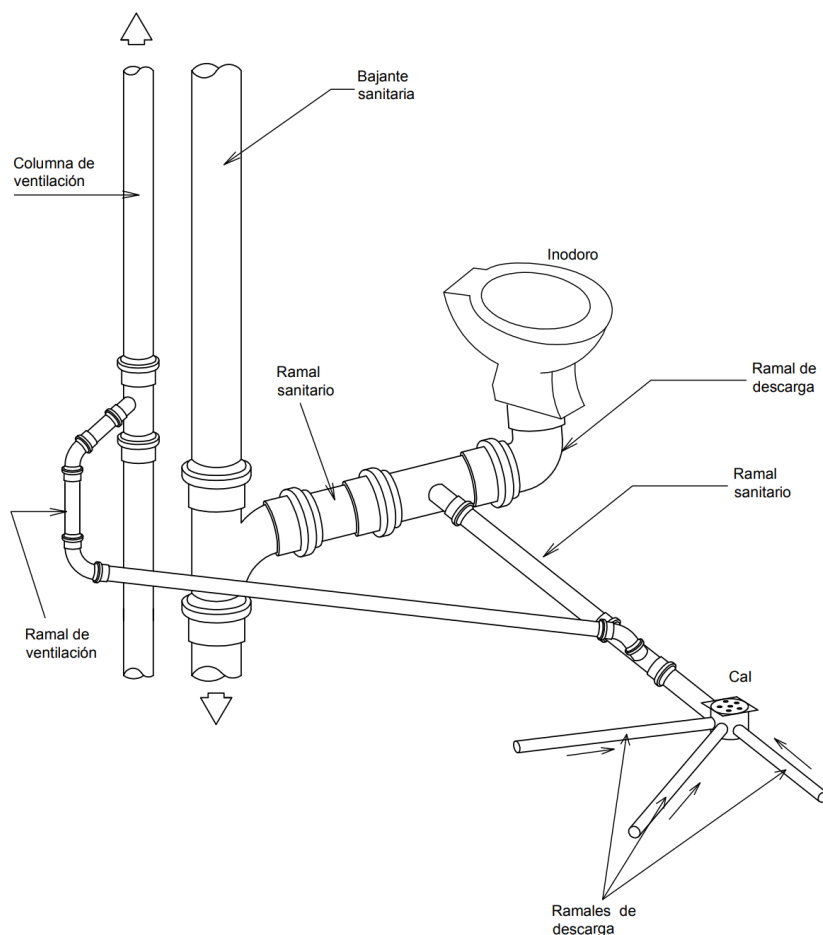


Ilustración 16. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico II.

Fuente: (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

2.4.5.1.1. Sifones.

Accesorio o dispositivo que proporciona un sello hidráulico para reprimir la emisión de gases, sin afectar significativamente el flujo de aguas residuales o servidas a través de él (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). En su forma más simple, es un tubo curvado donde se acumula el agua proporcionando un sello o cierre hidráulico.

Todos los aparatos hidrosanitarios deben estar dotados de un sifón independiente que garantice el sello hidráulico.

2.4.5.1.2. Ramales de artefacto o derivaciones simples.

Canalizaciones que se ocupan de desalojar las aguas servidas de cada uno de los aparatos sanitarios que desembarcan en una tubería de mayor diámetro conocida también como ramales colectores, ramales sanitarios o derivaciones en colector, entre todas estas se forman pequeñas redes de evacuación interna que posteriormente concurrirán en las bajantes y finalmente desembocarán en los colectores generales para ser evacuados a la red pública de alcantarillado.

Algunos de los criterios de diseño para las redes pequeñas de evacuación son:

- El trazado de la red debe ser lo más sencillo posible para conseguir una circulación por gravedad, evitando los cambios bruscos de dirección y utilizando accesorios adecuados.
- Cuando se utilice el sistema de sifones individuales, los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios deben unirse a un tubo de derivación (derivación en colector), que desemboque en la bajante; cuando por condicionantes del diseño esto no fuera posible, se permite su conexión directa al ramal del inodoro.
- Los ramales colectores en edificios de a partir de cuatro pisos, situados en el nivel o piso de un cambio de dirección de una bajante, no podrán conectarse al desvío horizontal de la misma en caso de que el tramo horizontal de la bajante tenga una pendiente menor al 1% o que reciba efluentes de más de cuatro pisos. Las conexiones de los artefactos situados en el nivel o piso del desvío deben ser realizadas aguas abajo del desvío.

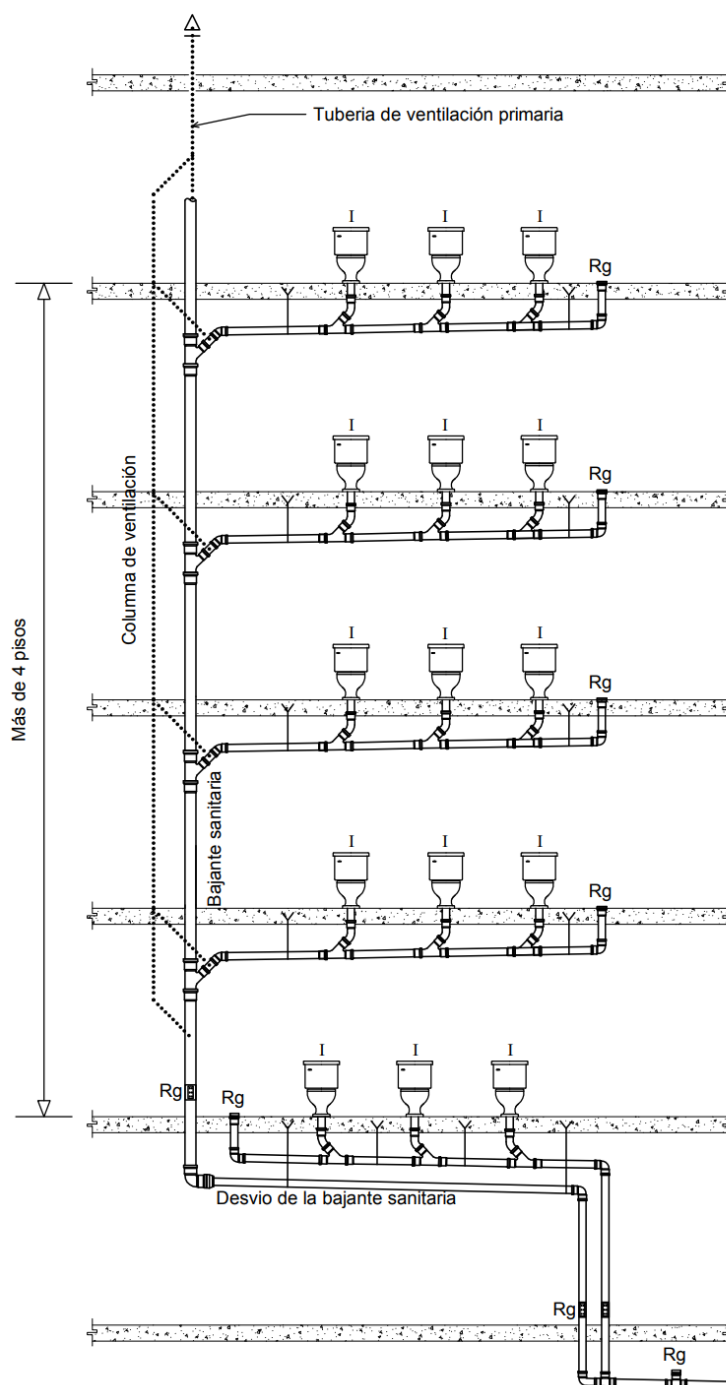


Ilustración 17. Descarga de ramales sanitarios en un desvío de la bajante sanitaria. Vivienda con más de 4 pisos.

Fuente: (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011)

- Los cambios horizontales de dirección deberán ser ejecutados con accesorios con ángulo central de curvatura igual o inferior a 45°.
- La unión entre los ramales colectores y las bajantes deben tener la mayor inclinación posible, no debe ser menor que 45°.
- Los ramales de inodoros deben tener un diámetro de 110 mm, esto para evitar taponamientos, además se debe procurar que tenga salida directa al colector general o la bajante, según corresponda su ubicación.

2.4.5.1.3. Red general de colectores.

Elemento constitutivo horizontal en el cual convergen todos los ramales procedentes de los diferentes aparatos sanitarios instalados en la misma planta y las bajantes procedentes de los pisos superiores. Los diversos colectores constituyen una red horizontal de evacuación encargada de drenar todas las aguas residuales de la edificación hacia la red municipal de alcantarillado (Roux, 2011).

Existen colectores de aguas residuales, pluviales o mixtos, según el sistema de evacuación elegido y dependiendo de la diferencia de cota entre el alcantarillado público y la planta más baja de la edificación, la red de colectores puede ser enterrada o suspendida.

En cualquiera de estos casos debe respetarse las siguientes nociones esenciales de diseño:

- Las conexiones entre los ramales sanitarios al colector deben realizarse de manera oblicua en dirección al sentido de evacuación del agua, con el objetivo de evitar confluencia con las aguas que circulan ya por el colector (Soriano & Pancorbo, 2012).

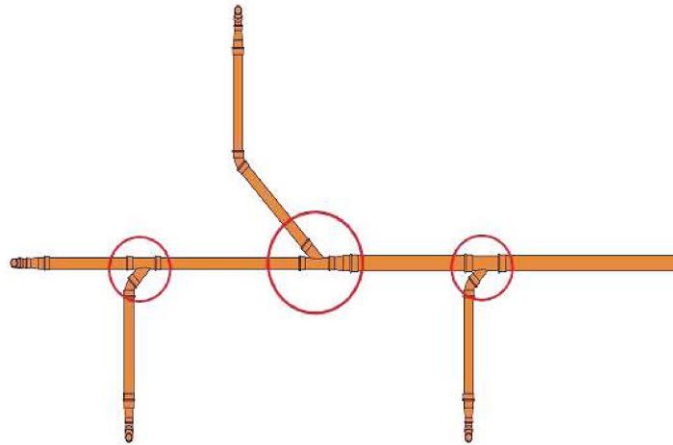


Ilustración 18. Detalle en planta de conexión entre derivaciones y colector común.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

- La conexión entre el colector y los bajantes cuando la red de colectores transcurre enterrada debe realizarse mediante cámaras de registro o inspección si la red transcurre colgada en un entrepaso las conexiones deberán realizarse mediante piezas registrables que actúen como “amortiguador” y minimicen el impacto de las aguas del bajante (Soriano & Pancorbo, 2012).



Ilustración 19. Conexión terminal de bajante y red de colector colgado.

Fuente: (Becerril, 2011)

- En la red de aguas pluviales se debe instalar de un sifón antes de conectarse a la red de colectores generales de aguas residuales (Soriano & Pancorbo, 2012).
- El diámetro de un colector no podrá ser menor que el de cualquiera de los orificios de salida de los aparatos sanitarios que descarguen en él (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.1.3.1. Colectores colgados.

Realizan su recorrido bajo el techo del primer subsuelo de la edificación, suspendido a este mediante abrazaderas, con el objetivo de evacuar el agua por gravedad, conectan directamente con la acometida de saneamiento de la edificación (Soriano & Pancorbo, 2012). Deberán tener una pendiente mínima del 1%.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, deben disponerse de registros de limpiezas constituidos por piezas especiales, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 m.

2.4.5.1.3.2. Colectores enterrados.

Los tubos deben disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas, situados por debajo de la red de distribución de agua potable (Soriano & Pancorbo, 2012). Las tuberías tendrán una pendiente mínima de evacuación del 2%, lo que dará lugar a las cotas de entrada y salida de los pozos. La acometida de las bajantes a esta red se hará con un pozo de inspección al pie de la bajante y se dispondrán registros de manera que no disten a más 15 m entre ellos (Soriano & Pancorbo, 2012).

La profundidad de las zanjas debe estar de acuerdo con el diámetro de la tubería a instalar y en ningún caso será menor de 0.30 m de la corona del tubo a la superficie del terreno (Soriano & Pancorbo, 2012). En caso de que esté sujeta a tránsito, el enterramiento no deberá ser menor de 0.60 m de la corona del tubo a la superficie y el recorrido longitudinal deberá tener una pendiente mínima del 2 % (Soriano & Pancorbo, 2012).



Ilustración 20. Red de colectores enterrados.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.1.4. Bajantes sanitarias o columnas.

Canalización vertical que recibe las aguas residuales de las derivaciones horizontales provenientes de los ramales colectores ubicados en los diferentes niveles de la edificación y las conducen hacia los colectores generales que desembocaran en la red de alcantarillado.

Deben ir colocados dentro de ductos especiales, cuyas dimensiones variarán en función del tamaño de la tubería y el número de canalizaciones verticales necesarias. Su instalación debe evitarse en la medida de lo posible en elementos estructurales tales como vigas y columnas.

Las bajantes deben realizarse preferentemente sin desviaciones y con un diámetro uniforme a menos que existan obstáculos infranqueables, en ese caso la bajante podrá formar máximo un ángulo de 45° con la vertical y el diámetro no disminuirá en sentido de la corriente nunca, podrá disponerse de un aumento de diámetro cuando acometan a la bajante caudales mayores que los situados aguas arriba (Soriano & Pancorbo, 2012).

En edificaciones con más de 10 pisos es recomendable interrumpir la verticalidad de la bajante, con el fin de disminuir el posible impacto de caída, para esto, la desviación

deberá estar dotada de accesorios especiales; el ángulo de la desviación con la vertical debe ser superior a 60° , a fin de evitar posibles atascos (Soriano & Pancorbo, 2012).

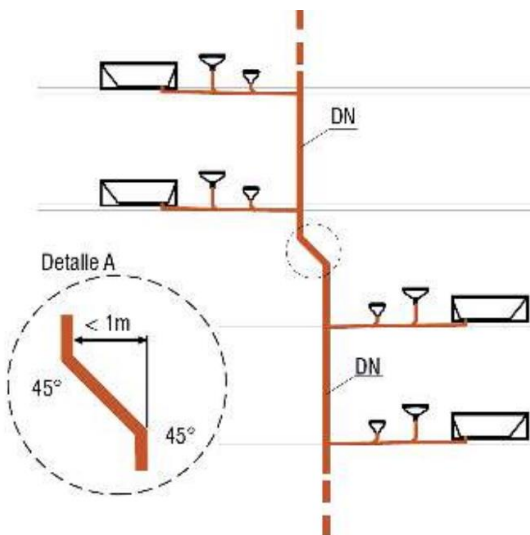


Ilustración 21. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo I.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

El desplazamiento de la tubería no debe ser superior a 1 m para evitar que en el tramo oblicuo el flujo sufra una aceleración que cause ruido debido al impacto contra la continuidad vertical de la bajante. Para realizar dicha desviación el codo empleado no podrá ser mayor a 45° , debido a que también el uso de ángulos superiores incrementará el nivel de ruido debido al aumento de aceleración (Soriano & Pancorbo, 2012).

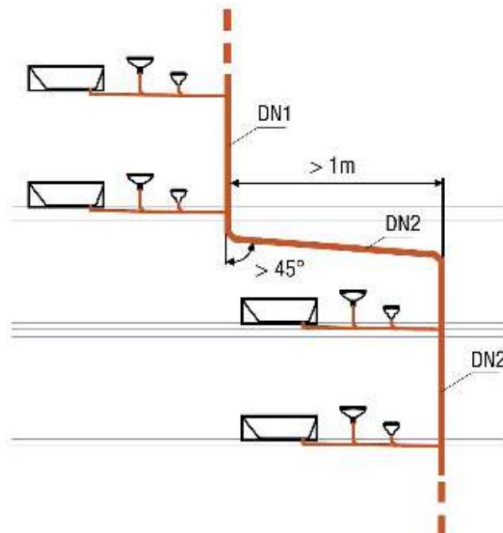


Ilustración 22. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo II.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

En el caso de que la bajante requiera un cambio de dirección superior a 45° o un tramo horizontal de una longitud superior a 1 m es necesario respetar los siguientes apartados:

- El tramo horizontal debe ser dimensionado como un colector, conservando una velocidad del flujo no inferior a 0.6 m/s para evitar la separación de los elementos sólidos que transitan por él (Soriano & Pancorbo, 2012).
- El diámetro de la columna que continúa después del colector de evacuación debe ser por lo menos igual que este (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.1.5. Caja de revisión o inspección.

Elemento que permite hacer una revisión visual de la tubería de desagües para poder realizar arreglos en caso de ser necesario, así como facilitar la limpieza o desobstrucción, y en un futuro permitir el mantenimiento de la red de tuberías. Además, es recomendable que la conexión de desagüe de aguas residuales al alcantarillado se haga mediante una caja de revisión.

Deberán construirse con materiales impermeables y en el interior deben evitarse superficies rugosas o ásperas, también debe considerarse las cargas a la que estará sometida la tapa, así como debe tomar en cuenta el correcto sellado para prevenir el escape de gases.

Se deben instalar cajas de registro en todo cambio de dirección, pendiente, material o diámetro y cada 15 m de largo como máximo, en tramos rectos. Únicamente puede acometer un colector por cada cara de caja de registro, de manera que el ángulo formado por el colector y la salida sea mayor a 90°.

2.4.5.1.6. Trampa de grasa.

Depósitos o cajas utilizadas para separar las grasas y aceites de las aguas residuales, debido a que estas pueden afectar al funcionamiento de la red, y son instalados donde exista grasa en cantidad suficiente para afectar el buen funcionamiento del sistema de desagüe, tal es el caso de restaurantes, locales que expenden comida rápida, bares, hoteles, fábricas, hospitales, etc.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud (2003), los separadores de grasas deberán cumplir los siguientes requisitos generales:

- Deben instalarse en una localización que sea accesible para su limpieza y cerca del accesorio que descarga los desperdicios grasosos.
- La capacidad mínima de la trampa de grasa es 300 litros.
- En el caso de grandes instalaciones como hospitales o restaurantes, deberán considerar la instalación de dos trampas de grasa.
- No es obligatorio diseñar trampa de grasa para viviendas unifamiliares.
- Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.
- Ser de tamaño adecuado para garantizar una superficie de agua suficiente que facilite un rápido enfriamiento y solidificación de la grasa.

- Tener la entrada y salida sumergidas para que la grasa pueda flotar en la superficie sin ser alterada por la descarga.

2.4.5.2. Requisitos de diseño.

2.4.5.2.1. Generales.

Algunos de los siguientes requisitos han sido extraídos del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias del MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA (2011); las instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales deben ser diseñadas cumpliendo los siguientes requisitos:

- La instalación de las tuberías, tanto verticales como horizontales, debe ser de preferencia rectilínea, con el fin de permitir un escurrimiento rápido de las aguas residuales, con velocidades que permitan el arrastre de las excretas y materia en suspensión.
- Las tuberías y accesorios de los sistemas de desagüe de aguas servidas deben ser de material durable y libre de desperfectos de fabricación.
- La disposición final de las aguas residuales domiciliarias podrá ser realizada de acuerdo con las siguientes alternativas:
 - En el sistema de la red pública de alcantarillado sanitario mediante caja de revisión.
 - En un sistema descentralizado, en caso de ausencia de una red pública de alcantarillado sanitario.
- Los aparatos sanitarios que se conectan al sistema de agua servidas deberán equiparse con un sello hidráulico.
- Toda instalación de aguas residuales debe ser dotada de ventilación primaria y/o secundaria, con el fin de evitar la ruptura de los sellos hidráulicos y evacuar hacia la atmósfera los gases procedentes de los colectores sanitarios.
- En edificios de altura deberá preverse áreas especiales, ductos, en cada piso para dar paso a las bajantes donde se empotren las mismas y se facilite el mantenimiento.

- Se permitirá utilizar un mismo ducto o espacio para la colocación de las tuberías de desagüe y abastecimiento, siempre que exista una separación mínima de 0.20 m entre sus generatrices más próximas.
- Todas las bajantes y tuberías horizontales suspendidas deben ser instaladas sólidamente con abrazaderas sujetas a elementos no estructurales de tal modo que se garantice la estabilidad, verticalidad o pendientes adoptadas en el diseño.
- Los colectores suspendidos deben ser instalados con pendientes constantes y no menores a las previstas en el diseño.
- El diseño del recorrido para las tuberías de desagüe en la planta baja será tal que el agua deberá ir directamente a la caja de revisión.
- Se prohíbe el paso de tuberías de aguas residuales por la cubierta o interior de los tanques de almacenamiento de agua potable.

2.4.5.2.2. Pendiente.

- Las tuberías horizontales del sistema de desagüe de aguas servidas con diámetros nominales iguales o menores a 75 mm deberán ser instalados con una pendiente mínima del 2% (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- Las tuberías horizontales del sistema de desagüe de aguas servidas con diámetros nominales iguales o mayores a 100 mm deberán ser instalados con una pendiente mínima del 1% (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

En caso de que se presenten obstáculos que no permitan proporcionar la pendiente estimada se utilizará una pendiente mínima del 1%, siempre y cuando se garantice la autolimpieza de la tubería.

Cabe mencionar que cuanto mayor sea el diámetro, menor será la pendiente mínima requerida, dado que para grandes diámetros se alcanzan con mayor facilidad mayores velocidades con pendientes de menor valor (Soriano Rull, 2007).

2.4.5.2.3. *Velocidad del flujo.*

Los límites óptimos de la velocidad de circulación del flujo es tal que garantice la evacuación del caudal de diseño, los cuales a condición de tubo lleno son:

2.4.5.2.3.1. Derivaciones simples, derivaciones en colector y colectores generales (Tuberías horizontales).

- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.

Con el propósito de garantizar la autolimpieza, evitando así el estancamiento de materia orgánica o sedimentos en el sistema de desagüe de agua residuales.

- *Velocidad máxima:* 2.5 m/s.

2.4.5.2.3.2. Bajantes (Tuberías verticales).

- *Velocidad máxima:* 5 m/s.

A fin de evitar afectar los componentes del sistema de desagüe de aguas residuales por el efecto de erosión que mayores velocidades pueden provocar.

2.4.5.2.4. *Hidráulica de desagües.*

Las tuberías de desagüe deben funcionar a flujo libre, es decir el flujo no debe ser a tubo lleno, debido a que es necesario dejar una sección para la circulación adecuada de aire; el flujo a tubo lleno produce fluctuaciones de presión lo cual puede llegar a destruir los sellos hidráulicos (Morales, y otros, 2010).

Para evitar condiciones de funcionamiento inadecuadas la tubería debe funcionar al 50% de su profundidad, y como máximo en casos extremos al 75% (Morales, y otros, 2010).

Las fórmulas necesarias la verificación se expondrán a continuación:

- Caudal a tubo lleno.

$$Q_o = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

n : Coeficiente de rugosidad.

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

S : Pendiente. [m/m]

Tabla 50. *Coeficiente de rugosidad de Manning.*

Material de la tubería	Coeficiente de rugosidad n
Plástico (PVC)	0.009
Metal liso	0.017
Acero galvanizado	0.016
Hierro fundido (nuevo)	0.012

Fuente: Elaboración propia.

- Velocidad a tubo lleno.

$$V_o = \frac{Q_o}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

Donde:

V_o : Velocidad media del fluido, a tubería llena. [m/s]

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

$$0.6 \frac{m}{s} \leq V_o \leq 2.5 \frac{m}{s}$$

- Relación de cálculo Q_d/Q_o .

$$\frac{Q_d}{Q_o}$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño. [m³/s]

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

Tabla 51. Variación de caudal en función de la altura de llenado. Tabla de Thormann y Franke.

Q_d/Q_o	d/D	Q_d/Q_o	d/D
0.000	0.000	0.510	0.506
0.010	0.068	0.520	0.512
0.020	0.095	0.530	0.519
0.030	0.116	0.540	0.525
0.040	0.134	0.550	0.531
0.050	0.149	0.560	0.537
0.060	0.163	0.570	0.543
0.070	0.176	0.580	0.550
0.080	0.188	0.590	0.556
0.090	0.200	0.600	0.562
0.100	0.211	0.610	0.568
0.110	0.221	0.620	0.575
0.120	0.231	0.630	0.581
0.130	0.241	0.640	0.587
0.140	0.250	0.650	0.594
0.150	0.259	0.660	0.600

0.160	0.268	0.670	0.607
0.170	0.276	0.680	0.613
0.180	0.285	0.690	0.620
0.190	0.293	0.700	0.626
0.200	0.301	0.710	0.633
0.210	0.309	0.720	0.640
0.220	0.316	0.730	0.646
0.230	0.324	0.740	0.653
0.240	0.331	0.750	0.660
0.250	0.339	0.760	0.667
0.260	0.346	0.770	0.675
0.270	0.353	0.780	0.682
0.280	0.360	0.790	0.689
0.290	0.367	0.800	0.697
0.300	0.374	0.810	0.705
0.310	0.381	0.820	0.713
0.320	0.387	0.830	0.721
0.330	0.394	0.840	0.729
0.340	0.401	0.850	0.738
0.350	0.407	0.860	0.747
0.360	0.414	0.870	0.756
0.370	0.420	0.880	0.766
0.380	0.426	0.890	0.775
0.390	0.433	0.900	0.786
0.400	0.439	0.910	0.797
0.410	0.445	0.920	0.808

0.420	0.451	0.930	0.821
0.430	0.458	0.940	0.834
0.440	0.464	0.950	0.849
0.450	0.470	0.960	0.865
0.460	0.476	0.970	0.883
0.470	0.482	0.980	0.905
0.480	0.488	0.990	0.935
0.490	0.494	1.000	1.00
0.500	0.500		

Fuente: (Thormann y Franke).

- Calado o tirante de agua.

$$d = \frac{d}{D} * D$$

Donde:

$\frac{d}{D}$: Profundidad hidráulica máxima, determinada en función de la relación de cálculo Q_d/Q_o , determinado por la tabla de Thormann y Franke.

d : Calado o tirante de agua. [m]

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

- Profundidad hidráulica máxima.

$$\frac{d}{D}$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

$$0.50 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$$

- Área mojada y perímetro mojado para tubería parcialmente llena.

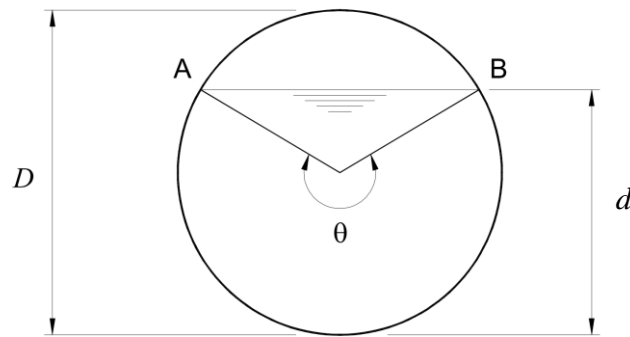


Ilustración 23. Sección de tubo parcialmente lleno.

Fuente: (Rocha, 2010).

$$A_m = \frac{(\theta - \text{sen}\theta) * D^2}{8}$$

$$P_m = \frac{\theta * D}{2}$$

Donde:

A_m : Área mojada, a tubo parcialmente lleno. [m²]

P_m : Perímetro mojado, a tubo parcialmente lleno. [m]

θ : Ángulo interno. [rad]

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * d}{D} \right)$$

Donde:

d : Calado o tirante de agua. [m]

- Radio hidráulico para tubería parcialmente llena.

$$r_h = \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) * \frac{D}{4}$$

Donde:

r_h : Radio hidráulico, a tubo parcialmente lleno. [m]

- Velocidad para tubería parcialmente llena.

$$v = \frac{1}{n} * r_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v : Velocidad media del fluido, a tubo parcialmente lleno. [m/s]

n : Coeficiente de rugosidad de Manning.

r_h : Radio hidráulico, a tubo parcialmente lleno. [m]

S : Pendiente. [m/m]

2.4.5.2.5. Fuerza tractiva.

La fuerza tractiva es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector, así como en el material en él depositado. La fuerza tractiva busca establecer una pendiente adecuada tal que sea capaz de provocar una tensión para arrastrar el material depositado en la tubería, garantizando así la autolimpieza.

Su aplicación posibilita el control de la erosión, sedimentación y presencia de sulfatos (Pérez Carmona, 2015).

$$F = \gamma * R_h * S$$

Donde:

F : Fuerza tractiva. [kg/m²]

γ : Peso específico del líquido. [1000 kg/m³]

R_h : Radio hidráulico, a tubo lleno. [m]

S : Pendiente. [m/m]

$$R_h = \frac{D}{4}$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

La fuerza tractiva mínima es de 0.15 kg/cm².

$$F \geq 0.15 \frac{kg}{m^2}$$

2.4.5.3. Dimensionamiento.

Debido a la naturaleza y composición de las aguas residuales (sólido, líquido y gaseoso), así como los diferentes cambios de dirección que experimenta en su recorrido (horizontalmente y vertical), el movimiento de estas aguas no es laminar ni uniforme, por lo tanto, no es factible aplicar fórmulas hidráulicas racionales para la determinación de los diámetros y pendientes de las tuberías, es por ello que se utiliza el método de unidades equivalentes, en el que a cada aparato sanitario se le asigna un determinado número de unidades de descarga, dependiendo del uso dado (Castillo Anselmi, 2014).

La unidad de descarga o unidad de desagüe es un factor numérico que representa la contribución de aguas residuales de un aparato sanitario, cada unidad es equivalente a un caudal de desagüe de 0.47 L/s correspondiente a un lavabo común (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

2.4.5.3.1. Dimensionamiento de ramales de artefacto o derivaciones simples.

Para dimensionar las derivaciones simples, se debe comenzar con la asignación de UD a cada aparato sanitario según su uso.

2.4.5.3.1.1. Método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

En la tabla mostrada a continuación se presentan las diferentes unidades de desagüe correspondiente a cada aparato sanitario o grupo de estos.

Tabla 52. *Unidades de desagüe para aparatos sanitarios y grupos.*

Tipo de aparato sanitario o accesorio	Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga	Dimensión mínima del sifón y derivación individual mm (pulgadas)
Lavadora automática para ropa, comercial ^a	3	50 (2)
Lavadora automática para ropa, residencial	2	50 (2)
Grupo sanitario (6.1 Lpd inodoro)^e	5	-
Grupo sanitario (lavado del inodoro mayor a 6.1 Lpd)^e	6	-
Tina^b (con o sin ducha, o accesorios de hidromasaje)	2	38 (1 ½)
Bidé	1	32 (1 ¼)
Combinación de lavaplatos y triturador de desperdicios	2	38 (1 ½)
Lavabo dental	1	32 (1 ¼)
Unidad o escupidera dentales	1	32 (1 ¼)
Lavavajillas automática, doméstico	2	38 (1 ½)
Bebedero	1/2	32 (1 ¼)

Desagüe de emergencia para pisos	0	50 (2)
Desagües de piso	2	50 (2)
Lavaplatos de cocina, doméstico	2	38 (1 ½)
Lavaplatos de cocina con triturador de desperdicios y/o lavavajillas	2	38 (1 ½)
Bandeja para el lavado de ropa (1 o 2 compartimientos)	2	38 (1 ½)
Lavamanos	1	32 (1 ¼)
Ducha (basado en el gasto total nominal a través de cabezales de la ducha y rociadores de cuerpo o duchas de mano)		
Gasto nominal:		
0.36 L/s o menos	2	38 (1 ½)
Más de 0.36 L/s hasta 0.78 L/s	3	50 (2)
Más de 0.78 L/s hasta 1.63 L/s	5	75 (3)
Más de 1.63 L/s hasta 3.51 L/s	6	100 (4)
Fregadero de servicio	2	38 (1 ½)
Fregadero	2	38 (1 ½)
Urinario	4	c

Urinario, 3.8 litros por descarga o menos	2 ^d	c
Urinario, sin suministro de agua	1/2	c
Lavatorio de aseo (circular o múltiples) cada juego de llaves	2	38 (1 ½)
Inodoro, tanque fluxómetro, público o privado	4 ^d	c
Inodoro, privado (6.1 Lpd)	3 ^d	c
Inodoro, privado (lavado mayor a 6.1 Lpd)	4 ^d	c
Inodoro, público (6.1 Lpd)	4 ^d	c
Inodoro, público (lavado mayor a 6.1 Lpd)	6 ^d	c

Factores de conversión:

1 L = 0.26 galón.

1 gpm = 0.06309 L/s.

Lpd: Litros por descarga.

Grupo sanitario: Grupo de artefactos que conformado por un inodoro, lavamanos, tina o ducha incluyendo o no un bidé, un desagüe de piso de emergencia o ambos; dichos artefactos están ubicados juntos en el mismo nivel de piso (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

^a Para sifones de más de 3 pulgadas, utilizar la tabla denominada “Unidades de desagüe para aparatos sanitarios o sifones.”.

^b Una ducha sobre una tina o una tina de hidromasaje no aumenta el valor unitario de desagüe del aparato.

^c La dimensión del sifón debe ser consistente con la dimensión de la boca de salida del aparato.

^d Con el propósito de calcular las cargas en las redes y desagüe de edificaciones, los inodoros y urinarios no se deben medir en una unidad de aparato de desagüe más baja, a menos que valores más bajos sean confirmados por ensayos. Además, se debe considerar que la dimensión mínima de los ramales para inodoros es de 110 mm.

^e Para aparatos agregados a grupos sanitarios de unidades habitacionales, agregar el valor unidad de aparato de desagüe de aquellos aparatos agregados al total del grupo de aparatos sanitarios.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Para los aparatos no incluidos en la tabla denominada “Unidades de desagüe para aparatos sanitarios y grupos” se debe dar una unidad de desagüe de acuerdo con la dimensión de la salida del desagüe del aparato conforme con la tabla presentada a continuación. La dimensión mínima para el sifón de aparatos no incluidos debe ser el de la dimensión nominal de la salida de descarga, pero nunca inferior a 32 mm (1 ¼ pulgadas) (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 53. *Unidades de desagüe para aparatos sanitarios o sifones.*

Desagüe de aparato o sifón mm (pulgadas)	Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga
32 (1 ¼)	1
38 (1 ½)	2
50 (2)	3
63 (2 ½)	4
75 (3)	5
100 (4)	6

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.5.3.1.2. Método propuesto por otras fuentes.

En la tabla mostrada a continuación se presentan las diferentes unidades de descarga correspondiente a cada aparato sanitario según su uso y tipo de control de suministro.

Tabla 54. *Unidades de descarga para diferentes aparatos sanitarios.*

Aparato sanitario	Uso	Tipo de control de suministro	Unidades de descarga	Diámetro de la tubería mm (pulgadas)
Inodoro^a	Público	Válvula de fluxómetro	10	100 (4)
		Tanque de descarga	5	100 (4)
	Privado	Válvula de fluxómetro	6	100 (4)
		Tanque de descarga	3	100 (4)
Urinario	Público	Válvula de fluxómetro 1''	10	50 (2)
		Válvula de fluxómetro 3/4''	5	50 (2)
		Tanque de descarga	3	50 (2)
		Llave	2	50 (2)
Lavamanos	Público	Llave	4	50 (2)
	Privado	Llave	1	50 (2)

Tina / Ducha	Público	Válvula mezcladora	4	50 (2)
Tina	Privado	Llave	2	50 (2)
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2	50 (2)
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2	50 (2)
Lavabo de servicio	Oficina, etc.	Llave	3	50 (2)
Lavaplatos	Hotel, restaurante	Llave	4	50 (2)
	Privado	Llave	2	50 (2)
Bidé	Privado	Llave	1	50 (2)
Grupo sanitario	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8	
Bandeja para el lavado de ropa (1 a 3 compartimientos)	Privado	Llave	3	50 (2)
Lavadora automática	Privado	Llave	2	
	Pública	Llave	4	
Combinación de accesorios	Privado	Llave	3	
Lavavajillas eléctrico	Público /privado	Llave	3/6	
Desagües de piso			1	50 (2)

^a La dimensión mínima de los ramales para inodoros es de 110 mm.

Fuente: (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

Para los aparatos no incluidos en la tabla denominada “Unidades de descarga para diferentes aparatos sanitarios” se puede aplicar la tabla mostrada a continuación:

Tabla 55. *Unidades de descarga para otros aparatos sanitarios.*

Diámetro nominal del ramal de descarga mm (pulgadas)	Unidades de desagüe UD
32 (1 ¼)	1
38 (1 ½)	2
50 (2)	3
63 (2 ½)	4
75 (3)	5
100 (4)	6

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.3.2. Dimensionamiento de ramales colectores o derivaciones en colector.

Para dimensionar las derivaciones en colector, se debe considerar la pendiente de la tubería y la sumatoria de las unidades de descarga que desembocan en el tramo del ramal colector analizado.

2.4.5.3.2.1. Método propuesto por otras fuentes.

Para el dimensionamiento de los ramales sanitarios se utilizará la tabla mostrada a continuación, en función de la pendiente de instalación. En general, los ramales sanitarios deberán tener la mayor inclinación posible, según el espacio disponible.

Tabla 56. *Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante.*

Diámetro mm	Pendiente		
	1%	2%	4%
	Máximo número de UD en función de la pendiente		
32	-	1	1
40	-	2	3
50	-	6	8

63	-	11	14
75	-	21	28
90	47	60	75
110	123	151	181
125	180	234	280
160	438	582	800
200	870	1150	1680

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.3.3. Dimensionamiento de colectores generales de aguas residuales.

Las pendientes de los colectores deben garantizar la evacuación de las aguas residuales y estarán comprendidas entre el 1% y el 4%, sin embargo, se recomiendan que no sean inferiores al 2%; además el diámetro del colector podrá aumentar en función del número de bajantes que recepte a lo largo de su recorrido (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.3.3.1. Método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

A continuación se muestra los diámetros de las tuberías de colector según la pendiente de la tubería y las unidades de desagüe a evacuar.

Tabla 57. Unidades de desagüe para colectores generales.

Diámetro de la tubería mm (pulgadas)	Pendiente en porcentaje (%)		
	1%	2%	4%
	Máximo número de unidades de desagüe de aparatos conectados a los colectores generales		
32 (1 ¼)	-	1	1
38 (1 ½)	-	3	3
50 (2)	-	21	26
63 (2 ½)	-	24	31

75 (3)	36	42	50
100 (4)	180	216	250
125 (5)	390	480	575
150 (6)	700	840	1000
200 (8)	1600	1920	2300
250 (10)	2900	3500	4200
300 (12)	4600	5600	6700
380 (15)	8300	10000	12000

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.5.3.3.2. Método propuesto por otras fuentes.

Los colectores se podrán dimensionar utilizando la tabla mostrada a continuación en función del máximo número de unidades de descarga a evacuar y la pendiente adoptada.

Tabla 58. *Diámetros de los colectores horizontales en función de la pendiente y de las unidades de descarga.*

Diámetro mm	Pendiente		
	1%	2%	4%
	Máximo número de UD en función de la pendiente		
50	-	20	25
63	-	24	29
75	-	38	57
90	96	130	160
110	264	321	382
125	390	480	580
160	880	1056	1300

200	1600	1920	2300
250	2900	3500	4200
315	5710	6920	8290
350	8300	10000	12000

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.3.4. Dimensionamiento de bajantes sanitarias.

El diámetro de las bajantes se obtiene con el mayor de los valores de UD, obtenidos de la suma de las UD de todas las derivaciones en colector que desembocan en la bajante a dimensionar (Soriano & Pancorbo, 2012).

La altura del bajante influye en el diámetro adoptado, dado que cuanto mayor es más resistencia a fluir encuentra el aire aspirado, por efecto de émbolo que produce el agua descargada en la bajante, y con mayor facilidad se pueden producir sifonamientos en los aparatos, es por ello que a mayor altura hay que aumentar el diámetro para facilitar la circulación del aire (Soriano & Pancorbo, 2012).

Tabla 59. *Diámetros de los bajantes según la altura de la edificación y el número de UD.*

Diámetro mm	Máximo UDs para una altura de bajante de	
	<i>Hasta 3 plantas</i>	<i>Más de 3 plantas</i>
50	10	25
63	19	38
75	27	53
90	135	280
110	360	740
125	540	1100
160	1208	2240
200	2200	3600

250	3800	5600
315	6000	9240

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.5.3.5. *Dimensionamiento de ramales colectores y bajantes según el Método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Los diámetros para las tuberías de desagüe, tanto verticales como horizontales, se determinan a partir del número máximo de unidades de desagüe de aparato de los aparatos conectados a dicha red; en el caso de tubos de desagües verticales, además del total de unidades de descarga, se debe considerar la longitud.

Tabla 60. *Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes.*

Diámetro de la tubería mm (pulgadas)	Máximo número de unidades de desagüe de aparato			
	<i>Total para un ramal horizontal</i>	<i>Total a un intervalo de ramal</i>	<i>Bajantes ^a Total de bajante de 3 intervalos de ramal o menos</i>	<i>Total para bajante mayor de tres intervalos de ramal</i>
38 (1 ½)	3	2	4	8
50 (2)	6	6	10	24
63 (2 ½)	12	9	20	42
75 (3)	20	20	48	72
100 (4)	160	90	240	500
125 (5)	360	200	540	1100
150 (6)	620	350	960	1900

200 (8)	1400	600	2200	3600
250 (10)	2500	1000	3800	5600
300 (12)	2900	1500	6000	8400
380 (15)	7000	b	b	b

^a Las bajantes deben ser dimensionadas en base al total acumulado de la carga conectada en cada piso o intervalo de ramal. En la medida que el total de la carga acumulada disminuye, se permite disminuir el diámetro de las bajantes. El diámetro no debe ser reducido a menos de la mitad del diámetro requerido para la bajante de mayor diámetro.

^b Dimensionamiento de carga basada en criterios de diseño.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Cuando se hagan provisiones para la futura instalación de aparatos sanitarios, estos deben considerarse para determinar los tamaños requeridos de los tubos de desagüe (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.5.4. Diseño de la trampa de grasas.

2.4.5.4.1. Caudal de diseño.

La determinación del caudal de diseño se elaborará a partir de las unidades de gasto según lo indicado en la tabla a continuación.

Tabla 61. *Unidades de gasto de aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas.*

Aparatos sanitarios	Tipo	Unidad de gasto^a
Lavadero de cocina	Múltiple	2
Lavadero de repostería	Hotel restaurante	4
Lavadero de ropa		3

^a Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada grifo instalado en el lavadero.

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente ; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud, 2003).

El caudal máximo se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0.3 * \sqrt{\Sigma p}$$

Donde:

Q : Caudal máximo. [L/s]

Σp : Sumatoria de todas las unidades de gasto de los aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas.

2.4.5.4.2. Volumen de diseño

El volumen de la trampa de grasa se calcula para un período de retención entre 2.5 a 3.0 minutos. Y tendrá una capacidad mínima de 300 L.

2.4.5.4.3. Capacidad de la trampa de grasas.

Las trampas de grasa deben tener la capacidad de retención de grasa indicada en la tabla presentada a continuación, para el caudal continuo indicado.

Tabla 62. *Capacidad de interceptores de grasa^a.*

Caudal	Capacidad de retención de grasas
L/s (gpm)	kg (lb)
0.25 (4)	3.63 (8)
0.38 (6)	5.45 (12)
0.44 (7)	6.36 (14)
0.57 (9)	8.17 (18)

0.63 (10)	9.08 (20)
0.76 (12)	10.90 (24)
0.88 (14)	12.71 (28)
0.95 (15)	13.62 (30)
1.14 (18)	16.34 (36)
1.26 (20)	18.16 (40)
1.58 (25)	22.70 (50)
2.21 (35)	31.78 (70)
3.15 (50)	45.40 (100)
4.73 (75)	68.10 (150)
6.31 (100)	90.80 (200)

Factores de conversión:

1 gpm = 0.06309 L/s.

1 libra = 0.454 kg.

a Para caudales mayores a 6.3 L/s (100 gpm), duplicar el caudal total para determinar la capacidad de retención de grasas.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.5.4.4. Características de la trampa.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud (2003), las características de las trampas de grasas son:

- La relación larga: ancho del área en planta, deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad no deberá ser menor a 0.80 m.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.

- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0.15 m por debajo del nivel de líquido.
- La tubería de salida deberá estar como mínimo 5 cm por abajo del nivel de la tubería de entrada.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0.05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar a una distancia entre 0.075 m y 0.15 m desde el fondo.
- El tanque tendrá un borde libre de 0.30 m, espacio libre el nivel superior del líquido y la parte inferior de la tapa.
- La trampa debe constar dos cámaras, una receptora y otra vertedora, separadas por una división. La parte sumergible de la pared divisoria debe tener una profundidad de no menor de 0.20 m, medida desde la generatriz inferior de la tubería de salida.

2.4.5.5. Diseño de caja de revisión.

Todo sistema de desagüe domiciliario deberá estar dotado de suficiente número de cámaras de revisión y de inspección de manera que se facilite su limpieza y mantenimiento, la distancia entre estas no debe superar los 15 m.

Podrán ubicarse en los siguientes puntos singulares:

- Arranque.
- Cambio de dirección.
- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambio de material.
- Intersecciones.
- Caídas.

La caja de revisión debe tener dimensiones mínimas interiores de 40 x 40 cm.; dicha dimensión es útil hasta una profundidad de 60 cm.; para mayores profundidades se

incrementa el largo y el ancho en función de la profundidad; si se sobredimensiona se convierte en un sedimentador (Ministerio de Fomento., 2019).

Las dimensiones mínimas de las cajas de revisión serán las indicadas en la tabla a continuación.

Tabla 63. Dimensiones de caja de revisión.

	Diámetro del colector de salida (mm)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A (cm)	40x40	50x50	60x60	60x70	70x70	70x80	80x80	80x90	90x90

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

2.4.5.6. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de desagüe de aguas residuales. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

2.4.5.6.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de desagüe de aguas residuales para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Ocupación actual y/o futura.
- Usos.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones de desagüe de aguas residuales.

2.4.5.6.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar todos los aparatos sanitarios en la vista en planta, así como la ubicación de la posible ubicación de derivaciones simples, colectores y bajantes.
3. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación, mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.
4. Elegir el sistema de evacuación que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto.
5. Realizar el trazado de la red de desagüe, tanto de los tramos verticales como horizontales, de tal manera que el sistema evacue todos los aparatos sanitarios; considerando todos los accesorios necesarios tales como codos, tees, entre otros. El trazado debe realizarse por áreas, es decir se forman pequeñas redes de desagüe internos, garantizando que se puedan realizar reparaciones sin afectar a otras redes. Establecer los recorridos más cortos desde las derivaciones hacia los bajantes.
6. Enumerar los aparatos sanitarios y nudos de descarga, la enumeración deberá seguir la dirección del recorrido del agua e inicia desde el aparato más lejano hacia la desembocadura a la bajante de descarga.
7. Asignar una pendiente de recorrido para los colectores en función del espacio disponible para su desarrollo, siendo el valor mínimo 1% y el máximo 4%.
8. A cada uno de los aparatos sanitarios enumerados se les asignará su respectivo número de unidades de descarga según su uso, para ello se debe ingresar a la tabla “Unidades de desagüe para aparatos sanitarios y grupos.” o la tabla “Unidades de descarga para diferentes aparatos sanitarios” según el método seleccionado. De esta manera conoceremos el diámetro mínimo de la derivación individual y del sifón que se necesita para evacuar las aguas servidas de dicho aparato sanitario.

9. Se procede a dimensionar las derivaciones en colector y para ello es importante identificar el ramal horizontal principal de cada una de las pequeñas redes de evacuación interna y el número total de unidades de descarga o desagüe que concurren en dicho ramal. Este será aquel que tenga la mayor distancia entre el aparato sanitario y la bajante.
10. A partir del total de unidades de descarga calculado, se obtiene un caudal de diseño, partiendo de la consideración de que 1 UD es equivalente a 0.47 L/s.
11. Con el número total de unidades de descarga y la pendiente proyectada del recorrido, se debe ingresar a la tabla denominada “Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante.” o la tabla “Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes.”, según el método escogido, e identificar el diámetro de la derivación en colector establecido por las tablas de diseño.
12. Asignar un diámetro comercial a la tubería e identificar su diámetro interno, en función del resultado obtenido en el paso anterior y de acuerdo con la realidad comercial ecuatoriana.
13. Con el diámetro comercial interno de la tubería asignado en el paso anterior se debe volver a recalcular el caudal a sección llena, como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”.
14. A partir del caudal a sección llena encontrado se procede a calcular la velocidad a sección llena, dividiendo el caudal a sección llena para el área de la tubería considerando el diámetro comercial interno; como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”.
15. Con el fin de verificar se cumpla el requisito de velocidad mínima y máxima estipuladas como límite inferior 0.6 m/s y como límite superior 2.5 m/s, para tubo lleno. En caso de no cumplirse con los límites requeridos, se deberá variar la pendiente o el diámetro del colector, considerado un diámetro comercial, según el criterio del especialista.
16. Calcular la relación entre el caudal de diseño y el caudal a sección llena con diámetro comercial, Q_d/Q_o .

17. Con el valor de la relación Q_d/Q_o se deberá ingresar a la tabla propuesta por Thormann y Franke, denominada “Variación de caudal en función de la altura de llenado.”, con el fin de hallar la relación d/D .
18. Del valor d/D hallado anteriormente, siendo “D” el valor del diámetro comercial, se despeja “d” y se obtiene el valor del calado.
19. Una vez conocido el valor de “d”, se calculará la profundidad hidráulica máxima, ejecuta la ecuación d/D y el resultado deberá estar entre el 50% y 75%, como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”. Cumpliendo con esta relación se adopta a los diámetros comerciales asignados como definitivos.
20. Calcular las relaciones hidráulicas para la tubería asignada; área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico para la tubería parcialmente llena.
21. Calcular la velocidad con de la ecuación de Manning a partir del radio hidráulico y la pendiente asignada.
22. Calcular la fuerza tractiva, según indica la sección denominada “Fuerza tractiva.”, respetando el límite mínimo de 0.15 kg/m^2 .
23. A continuación, se procede a dimensionar la bajante, es decir el ducto vertical que evacua las aguas residuales de todos los pisos, de acuerdo con el número total de unidades de descarga que recibe cada bajante por parte de los colectores de evacuación, se debe ingresar a la tabla denominada “Diámetros de los bajantes según la altura de la edificación y el número de UD.” o la tabla “Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes”, según el método escogido, considerando el número de pisos.
24. La bajante se diseña para el total de unidades que llegan a su base, se debe considerar que el diámetro de los bajantes no debe disminuir en el sentido del flujo.
25. Con las unidades totales de descarga para cada una de las bajantes se procede a diseñar los colectores generales, que son las encargadas de evacuar las aguas residuales fuera de la edificación. Para determinar el diámetro de la tubería se ingresa a la tabla “Diámetros de los colectores horizontales en función de la pendiente y de las unidades de descarga.” o la tabla “Unidades de desagüe para

Unidades de descarga: Unidades de descarga o desagüe del aparato sanitario analizado.

Diámetro de la derivación simple: Diámetro interno de la tubería, correspondiente a la derivación simple analizada.

ΣUD : Sumatoria de las unidades de descarga, la sumatoria debe realizarse según las derivaciones simples que desembocan en cada tramo del ramal colector.

2.4.5.6.3.2. Dimensionamiento de derivaciones en colector o ramales colectores.

Tabla 65. *Tabla de dimensionamiento de derivaciones en colector.*

Ramal colector	Pendiente S (%)	Sumatoria de unidades de descarga ΣUD	Diámetro del ramal colector, según tablas D _t (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Ramal colector: Enumeración del ramal colector de inicio a fin del tramo, de acuerdo con lo establecido en los planos, identificando así el tramo a analizar.

Pendiente: Pendiente del ramal colector analizado, necesaria para que el caudal fluya sin generar erosión o sedimentación.

Sumatoria de unidades de descarga: Total de unidades de descarga que desembocan en el ramal colector analizado.

Diámetro del ramal colector, según tablas: Diámetro interno de la tubería, correspondiente al ramal colector analizado, esto según tablas de diseño.

2.4.5.6.3.3. Comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva.

Siguiendo la secuencia del procedimiento, se emplea la siguiente tabla en función de los resultados obtenidos en el paso anterior.

Tabla 66. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte I.*

Ramal colector	Pendiente S (%)	Sumatoria de unidades de descarga $\sum UD$	Diámetro del ramal colector, según tablas D_t (mm)	Diámetro comercial del ramal colector D (mm)	Caudal de diseño Q_d (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro comercial del ramal colector: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

Caudal de diseño: Caudal de descarga en el ramal colector, caudal de diseño, dado por la transformación de unidades de descarga a caudal.

- *Cálculo del caudal y velocidad a sección llena, relación de cálculo Q_d/Q_o .*

Tabla 67. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte II.*

...	Caudal a tubería llena Q_o (L/s)	Velocidad a tubería llena V_o (m/s)	Comprobación de límites de velocidad a tubería llena	Relación de cálculo Q_d/Q_o

Fuente: Elaboración propia.

Caudal a tubería llena: Caudal con el cual la tubería trabajaría a presión.

Velocidad a tubería llena: Velocidad a tubería llena, con la cual la tubería trabajaría a presión.

Comprobación de límites de velocidad a tubería llena: Comprobación de los límites superior e inferior para la velocidad a tubo lleno, en caso de no cumplir cambiar de diámetro hasta cumplir los límites, considerando los diámetros comerciales disponibles en el mercado ecuatoriano.

Relación de cálculo Q_d/Q_o : Valor de la relación entre el caudal de diseño y el caudal de circulación a tubo lleno.

- *Determinación de la profundidad hidráulica máxima (d/D) y cálculo de calado.*

Tabla 68. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte III.*

...	Profundidad hidráulica máxima d/D	Comprobación de límites de la profundidad hidráulica máxima	Calado en la tubería d (m)

Fuente: Elaboración propia.

Profundidad hidráulica máxima: Relación d/D , determina a partir de la relación de cálculo Q_d/Q_o , según la tabla de Thormann y Franke.

Comprobación de límites de la profundidad hidráulica máxima: Comprobación de los límites superior e inferior de la profundidad hidráulica máxima, en caso de no cumplir cambiar de diámetro, considerando los diámetros comerciales disponibles en el mercado ecuatoriano, hasta cumplir los límites.

Calado en la tubería: Altura de la lámina de agua que circula por la tubería.

- *Cálculo de relaciones hidráulicas: área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico para la tubería parcialmente llena y ángulo interno del calado de la tubería.*

Tabla 69. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte IV.*

...	Ángulo interno θ (rad)	Área mojada a tubo parcialmente lleno A_m (m ²)	Perímetro mojado a tubo parcialmente lleno P_m (m)	Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno r_h (m)

Fuente: Elaboración propia.

Ángulo interno: Ángulo interno del calado de la tubería.

Área mojada a tubo parcialmente lleno.

Perímetro mojado a tubo parcialmente.

Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno.

- *Cálculo de velocidad a tubo parcialmente lleno, fuerza tractiva y definición de diámetro comercial de la tubería.*

Tabla 70. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte V.*

...	Velocidad a tubo parcialmente lleno v (m/s)	Radio hidráulico a tubo lleno R _h (m)	Fuerza tractiva F (kg/m ²)	Verificación de fuerza tractiva mínima	Diámetro comercial del ramal colector D _c (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad a tubo parcialmente lleno.

Radio hidráulico a tubo lleno.

Fuerza tractiva: Fuerza necesaria para arrastrar los materiales depositados en el fondo de las tuberías.

Verificación de fuerza tractiva mínima: Se coloca como check list u “ok” siempre y cuando cumpla la fuerza tractiva mínima.

Diámetro comercial del ramal colector: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

2.4.5.6.3.4. Dimensionamiento de bajantes.

El diámetro de la bajante está regido por la altura de la bajante y las unidades de descarga que desembocan en esta, los diámetros son asignados según lo recomendado en la tabla “Diámetros de los bajantes según la altura de la edificación y el número de UD.” o la tabla “Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes”, según el método escogido.

Tabla 71. *Tabla de dimensionamiento de bajantes.*

Bajante	UD por piso	Acumulado de unidades de descarga por piso	Diámetro de la bajante, según tablas D (mm)	Diámetro comercial de la bajante Dc (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Bajante: Enumeración de la bajante de inicio a fin del tramo, de acuerdo con lo establecido en los planos, identificando así el tramo a analizar, iniciando por el último piso alto de la edificación.

UD por piso: Total de unidades de descarga por piso que desembocan en el tramo de bajante analizado.

Acumulado de unidades de descarga por piso: Sumatoria de las unidades de descarga según como van desembocando en la bajante.

Diámetro de la bajante, según tablas: Diámetro interno de la tubería, correspondiente al tramo de bajante analizado, esto según tablas de diseño.

Diámetro comercial de la bajante: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

2.4.5.6.3.5. Dimensionamiento de colectores generales.

El dimensionamiento del colector sigue el mismo procedimiento de los ramales colectores. Las principales diferencias son, el número de UD para cada colector depende de la bajante que desemboque en él y que el diámetro de tramo colector está regido por la tabla “Diámetros de los colectores horizontales en función de la pendiente y de las unidades de descarga.” o la tabla “Unidades de desagüe para colectores generales.”, según el método elegido.

2.4.6. Sistema de evacuación de aguas pluviales.

Sistema de tuberías y canalones que acumulan el agua procedente de las precipitaciones pluviales que caen sobre patios, cubiertas, techos, y/o zonas pavimentadas o impermeables de una edificación, estas son evacuadas lo antes posible para así evitar el estancamiento que puede provocar fugas y humedad.

Dentro de este sistema se consideran las líneas de conducción (tuberías verticales y horizontales), que conducen el agua de precipitación recolectada hasta los sitios de disposición (García Sosa, 2001).

2.4.6.1. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas pluviales.

El sistema domiciliario de drenaje pluvial comprende los siguientes componentes:

2.4.6.1.1. Sumideros.

Elementos utilizados para recoger el agua pluvial de la superficie de techos, cubiertas, terrazas, garajes descubiertos y pisos, posteriormente se conducen por tuberías hacia las bajantes o colectores correspondientes. Estos elementos tienen una determinada capacidad de evacuación, por lo tanto deben colocarse los sumideros necesarios para cubrir toda la superficie potencialmente inundable por el agua.



Ilustración 24. Sumidero para evacuación de agua pluvial.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.6.1.2. Canaletas.

Accesorios complementarios de los techos, cuya función es la recolección y evacuación de las aguas precipitadas sobre la superficie abarcada y generalmente descargan en una bajante pluvial hasta su conexión con el alcantarillado o al sistema de reaprovechamiento de agua pluvial, en caso de poseer uno.

Las canaletas pueden ser de láminas de hierro galvanizado, PVC u otros materiales aptos para la recolección de aguas lluvias (Morales, y otros, 2010).



Ilustración 25. Canaleta pluvial.

Fuente: (Ferrekret, s.f.)

2.4.6.1.3. *Bajantes pluviales.*

Tubería o canalización vertical que recibe las descargas de las aguas pluviales provenientes de patios, techos, cubiertas y terrazas de una edificación.

2.4.6.1.4. *Colectores pluviales.*

Tubería horizontal que recibe las contribuciones de las bajantes pluviales y sumideros de un inmueble.

2.4.6.1.5. *Cámaras de inspección.*

Cámara que posibilita realizar las tareas de inspección y mantenimiento de los colectores pluviales, así como facilitar cambios de dirección, pendiente y tipo de material.

2.4.6.2. ***Requisitos de diseño.***

2.4.6.2.1. *Generales.*

- El diámetro de la tubería de desagüe de aguas lluvias no debe ser reducido en la dirección del flujo (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- Es recomendable aumentar entre 35 y 50 % al caudal determinado, debido a que los muros verticales contribuyen al porcentaje de precipitación, el porcentaje depende de la ubicación de los muros, en línea o en ángulo (Pérez Carmona, 2015).
- Los colectores de aguas lluvias pueden fluir a tubo lleno debido a que no se requiere mantener presiones específicas, así como tampoco se requiere ventilación.
- Las bajantes pluviales no deben tener más de 20 metros de separación entre ellas.

2.4.6.2.1.1. *Sistema separativo.*

- La red de drenaje pluvial debe ser diseñada de forma independiente y separada del sistema de evacuación de aguas residuales.
- No se puede utilizar las bajantes pluviales para la evacuación de aguas residuales o como ventilación del sistema de aguas residuales.

2.4.6.2.1.2. *Sistema combinado.*

- Las bajantes de aguas lluvias deben colocar en su base un sifón o sello de agua que imposibilite el ingreso de malos olores del colector a la edificación, dicho sello también se puede realizar en las cajas de inspección (Pérez Carmona, 2015).

2.4.6.2.2. *Pendiente.*

- En zonas de alta precipitación y frecuencia, es recomendable que la pendiente de techos, cubiertas y zonas descubiertas expuestas a aguas lluvias no sea menor de un 2 % (Castillo Anselmi, 2014).
- En zonas de baja precipitación y frecuencia, la pendiente puede reducirse al 1 % (Castillo Anselmi, 2014).

2.4.6.2.3. *Velocidad del flujo.*

Los límites óptimos de la velocidad de circulación del flujo, para el adecuado funcionamiento de las tuberías son:

- *Velocidad mínima:* 0.8 m/s.

Dicha velocidad a tubo lleno permite el arrastre de las pequeñas partículas en suspensión y evitar que se decanten.

- Velocidad recomendada: 1.0 m/s.
- *Velocidad máxima:* 3 m/s.

Esta velocidad es recomendada para poder mantener todos los residuos del agua pluvial en suspensión (García Sosa, 2001).

2.4.6.2.4. *Número mínimo de sumideros.*

El número mínimo de sumideros deben disponerse en función de la superficie proyectada horizontalmente de la zona a la que sirve (Ministerio de Fomento., 2019).

Tabla 72. *Número mínimo de sumideros.*

Superficie en proyección horizontal (m²)	Número mínimo de sumideros
100	2
100 - 200	3
200 - 500	4
Mayor a 500	1 cada 150 m ²

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

El número de sumideros deben ser suficiente para que no exista desniveles mayores que 150 mm, además que se debe evitar una sobrecarga excesiva ocasionada por la acumulación de aguas lluvias (Ministerio de Fomento., 2019).

2.4.6.3. Caudal de diseño.

Para la determinación de los caudales de diseño de los sistemas de desagüe de aguas pluviales en las edificaciones es recomendable el uso del método racional. Este método se basa en el concepto de la aplicación de una intensidad de lluvia constante y uniforme producirá el valor máximo de escorrentía cuando todas las partes del área tributaria contribuyan a ella, en el punto de diseño. Esta condición se encuentra después de un período de tiempo, llamado tiempo de concentración, que generalmente se considera el tiempo que tarda el agua en fluir desde la parte más alejada del área hasta el punto en cuestión (García Sosa, 2001).

$$Q = \frac{C * i * A}{3600}$$

Donde:

Q : Caudal de diseño para aguas lluvias. [L/s]

C : Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

i : Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria. [mm/hora]

A : Área tributaria. [m²]

2.4.6.3.1. Esguerrimiento superficial.

El esguerrimiento superficial es la parte de la precipitación que no se pierde por infiltración en el terreno, cuyo valor del esguerrimiento es difícil de estimar, puesto que es afectado por muy diversos factores, como la intensidad de la precipitación, las características y grado de saturación del terreno, la duración de la precipitación, etc.; por lo tanto la determinación del esguerrimiento es estimativa (García Sosa, 2001).

Es recomendable utilizar un valor único del coeficiente de esguerrimiento para el área tributaria total, para lo cual se puede multiplicar los fragmentos de área tributaria por su respectivo coeficiente de esguerrimiento y dicha sumatoria debe ser dividida para la sumatoria de los fragmentos de área tributaria, obteniendo así el coeficiente de esguerrimiento a utilizar (García Sosa, 2001).

$$C = \frac{A_1 * C_1 + A_2 * C_2 + \dots + A_n * C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Donde:

A_1, A_2, \dots, A_n : Áreas tributarias. [ha]

C_1, C_2, \dots, C_n : Coeficiente de esguerrimiento para cada una de las áreas tributarias.

El valor del coeficiente de esguerrimiento se podrá seleccionar de la tabla a continuación, en función del tipo de superficie del área a ser drenada.

Tabla 73. Valores del coeficiente de esguerrimiento “C”.

Naturaleza de la superficie	Valores de C
-----------------------------	--------------

Techos o cubiertas impermeables, dependiendo del tipo de cobertura o superficie.	0.75 – 1.00 ^a
Parques y jardines, dependiendo de la pendiente y características del suelo.	0.010 – 0.20
Superficies asfaltadas (cemento asfáltico).	0.85 – 0.90
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas selladas.	0.75 – 0.85
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas no selladas.	0.50 – 0.70
Ingresos, pasillos empedrados de grava o gravilla.	0.15 – 0.30
Superficies no revestidas, patios de ingreso, terrenos descampados.	0.10 – 0.30

Fuente: (Marcondes & Mattos, 1975).

^a *Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1995).*

2.4.6.3.2. Área tributaria o área de aportación.

Cada nodo o sumidero recibe el caudal de aguas lluvias aportado por una área delimitada denominada área tributaria o área de aportación.

Se considera la proyección horizontal de la zona analizada, si el área total fue dividida se debe calcular las áreas de las proyecciones horizontales de las divisiones realizadas (Rodríguez, 2005).

2.4.6.3.3. Intensidad de lluvia.

Altura de lluvia que cae sobre una superficie en una unidad de tiempo, cuyo valor es obtenido mediante un estudio hidrológico, del cual se obtiene las curvas I (Intensidad), D (Duración), F (Frecuencia). De acuerdo con las curvas IDF, la intensidad es inversamente proporcional a la duración y directamente proporcional a la frecuencia de la lluvia (Rodríguez, 2005).

Para determinar la intensidad de lluvia del área donde se localiza la edificación analizada, en el caso de Ecuador se recurre al documento denominado “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación.” del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); en dicho documento se encuentran las ecuaciones para determinar la intensidad de lluvia.

La ecuación general para la determinación de la intensidad máxima de precipitación es:

$$i = K * T^m * t^{-n}$$

Donde:

i: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria. [mm/hora]

T: Período de retorno. [años]

t: Tiempo de duración o concentración. [minutos]

K, m, n: Constantes de ajuste propias de cada estación.

- Período de retorno.

Lapso esperado para que ocurra la lluvia de diseño, en años, dicho tiempo sirve como parámetro de diseño.

Mínimo: 5 años.

Rango común: De 5 a 10 años.

Máximo: Período de diseño de la edificación.

- Tiempo de duración o concentración.

Dado que el tiempo de concentración es relativamente pequeño se puede considerar un tiempo de entre 5 a 10 minutos.

Rango común: De 5 a 10 minutos.

2.4.6.3.4. *Factor de corrección.*

Algunas tablas de diseño se basan en cálculos tabulados bajo un régimen medio de intensidad de lluvia de 100 mm/hora, dado que no todas las zonas geográficas coinciden con dicho valor se debe aplicar un factor de corrección para la adecuada utilización de las tablas de diseño propuestas. El factor de corrección debe tener coherencia con la pluviometría de la zona donde se ubique la edificación.

$$f = \frac{i}{100}$$

Donde:

f : Factor de corrección.

i : Intensidad pluviométrica de la zona analizada. [mm/hora]

El factor de corrección influye sobre el área de aportación, dicha área se verá incrementada en zonas con una pluviometría mayor, en cambio en zonas con una pluviometría menor se verá disminuida.

$$A_c = A_r * f$$

Donde:

A_c : Área de cálculo. [m²]

A_r : Área de aportación real. [m²]

2.4.6.4. *Dimensionamiento, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

Dado que las tablas presentadas a continuación están en función de una intensidad de lluvia de 100 mm/h se debe aplicar el factor de corrección para el área tributaria.

2.4.6.4.1. Dimensionamiento de canaletas.

El diámetro nominal de una canaleta de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en función de la pendiente y superficie a la que cubre (Ministerio de Fomento., 2019).

Tabla 74. *Diámetros de una canaleta para un régimen pluviométrico de 100 mm/h.*

Diámetro nominal de la canaleta mm	Pendiente de la canaleta		
	1%	2%	4%
	Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal m ²		
100	45	65	95
125	80	115	165
150	125	175	255
200	260	370	520
250	475	670	930

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

Si la sección adoptada para el canalón no es semicircular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % mayor la obtenida como sección semicircular (Ministerio de Fomento., 2019).

2.4.6.4.2. Dimensionamiento de bajantes pluviales.

El diámetro de las bajantes pluviales depende de la proyección horizontal del área de aportación real afectada por el factor de corrección, dando como resultado el área de cálculo.

Tabla 75. *Diámetros de las bajantes de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

Superficie en proyección horizontal servida m²	Diámetro nominal de la bajante mm
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	150
1544	160
2700	200

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

2.4.6.4.3. Dimensionamientos de colectores pluviales.

Los colectores de aguas pluviales se dimensionarán a sección llena y en función de la superficie servida que va a recoger aguas pluviales y la pendiente asignada al colector (Soriano & Pancorbo, 2012).

Para estos tramos las pendientes estarán comprendidas entre el 1% y el 4%, es recomendable pendientes no inferiores al 2% (Soriano & Pancorbo, 2012).

Tabla 76. *Diámetros de los colectores de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

Diámetro nominal del colector mm	Pendiente del colector		
	<i>1%</i>	<i>2%</i>	<i>4%</i>
	Superficie proyectada m²		
90	125	178	253

110	229	323	450
125	310	440	620
160	614	862	1228
200	1070	1510	2140
250	1920	2710	3850
315	2016	4589	6500

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

2.4.6.5. Dimensionamiento en función del área tributaria, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

2.4.6.5.1. Dimensionamiento de ramales y bajantes.

La dimensión de las tuberías verticales y bajantes de aguas lluvias de la edificación debe basarse en el caudal de precipitación por hora según la información meteorológica local representativa (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 77. Dimensionamiento de ramales y bajantes circulares de desagüe pluvial.

Diámetro^a	Intensidad de precipitación											
	mm/h											
mm	25	51	76	102	127	152	178	203	229	254	279	305
(pulgadas)	Área de la cubierta proyectada horizontalmente											
	m²											
50 (2)	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24	22
75 (3)	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74	68
100 (4)	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156	142
125 (5)	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292	268
150 (6)	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456	418
200 (8)	10777	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1198	1078	980	892

^a Las dimensiones indicadas son para el diámetro de tubería circular. Esta tabla es aplicable para tubería de otras formas siempre que la forma de la sección transversal incluya totalmente un círculo del diámetro indicado en esta tabla. Es permitida la interpolación para tamaños de tuberías que caen entre las listadas en esta tabla.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 78. Dimensionamiento de ramales y bajantes rectangulares de desague pluvial.

Tamaño de la tubería ^a ancho x largo mm (pulgadas)	Intensidad de precipitación mm/h											
	25	51	76	102	127	152	178	203	229	254	279	305
	Área de la cubierta proyectada horizontalmente m ²											
44 x 64 (1 ¾ x 2 ½)	317	158	105	79	63	52	45	39	34	32	29	26
51 x 76 (2 x 3)	515	257	171	128	102	85	73	64	57	51	46	43
70 x 108 (2 ¾ x 4 ¼)	1192	596	397	297	238	198	170	149	132	119	108	98
76 x 102 (3 x 4)	1227	613	409	307	245	204	175	153	136	123	111	102
89 x 102 (3 ½ x 4)	1477	739	492	369	295	246	211	184	164	148	134	123
89 x 127 (3 ½ x 5)	1980	989	660	494	396	330	282	247	219	198	179	164
95 x 121 (3 ¾ x 4 ¾)	2040	1020	680	510	408	340	291	255	227	203	185	170
95 x 133 (3 ¾ x 5 ¼)	2371	1185	790	593	474	395	338	296	263	237	216	197

89 x 152 (3 ½ x 6)	2582	1290	860	645	516	430	369	322	286	257	234	215
102 x 152 (4 x 6)	3064	1532	1021	766	612	510	438	383	340	306	278	255
140 x 140 (5 ½ x 5 ½)	4116	2058	1371	1028	823	686	587	514	457	412	373	343
191 x 191 (7 ½ x 7 ½)	9337	4668	3112	2334	1867	1556	1333	1167	1037	934	848	778

^a Las dimensiones indicadas son el ancho x largo-nominales de la abertura de la tubería rectangular.

^b Para formas no incluidas en esta tabla, se debe usar la ecuación mostrada a continuación para determinar el diámetro circular equivalente, D_e , de tubería rectangular para usar en la interpolación a partir de los datos de la tabla denominada “*Dimensionamiento de los conductos verticales y bajantes circulares de desagüe pluvial.*”.

$$D_e = [\text{ancho} * \text{largo}]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

De: diámetro circular equivalente.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.5.2. Dimensionamiento de colectores.

Tabla 79. Dimensionamiento de colectores.

Diámetro de tubería	Intensidad de precipitación					
	mm/h					
horizontal	25	51	76	102	127	152
mm (pulgadas)	Área de la cubierta proyectada horizontalmente					
	m ²					

Pendiente del 1%

75 (3)	305	153	102	76	61	51
100 (4)	699	349	233	167	140	116
125 (5)	1241	621	414	310	248	207
150 (6)	1988	994	663	497	398	331
200 (8)	4274	2137	1424	1068	855	706
250 (10)	7692	3846	2564	1923	1540	1282
300 (12)	12375	6187	4125	3094	2476	2062
380 (15)	20253	10126	6763	5528	4422	3684

Pendiente del 2%

75 (3)	431	216	144	108	86	72
100 (4)	985	492	328	246	197	164
125 (5)	1754	877	585	439	351	292
150 (6)	2806	1403	935	701	561	468
200 (8)	6057	3029	2019	1514	1211	1009
250 (10)	10851	5426	3619	2713	2169	1807
300 (12)	17466	8733	5816	4366	3493	2913
380 (15)	31215	15608	10405	7804	6248	5203

Pendiente del 4%

75 (3)	611	305	213	153	122	102
100 (4)	1397	699	465	349	280	232
125 (5)	2482	1241	827	621	494	413
150 (6)	3976	1988	1273	994	797	663

200 (8)	8547	4274	2847	2137	1709	1423
250 (10)	15942	7971	5128	3846	3080	2564
300 (12)	24749	12375	8250	6187	4942	4125
380 (15)	44222	22111	14753	11055	8854	7363

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.5.3. Dimensionamiento de canaletas.

La dimensión de las canaletas semicirculares se calcula en base al área máxima proyectada de la cubierta.

Tabla 80. Dimensionamiento de canaletas semicirculares.

Diámetro de tubería horizontal mm (pulgadas)	Intensidad de precipitación mm/h					
	<i>25</i>	<i>51</i>	<i>76</i>	<i>102</i>	<i>127</i>	<i>152</i>
	Área de la cubierta proyectada horizontalmente m²					
	<i>Pendiente del 1%</i>					
75 (3)	89	45	30	22	18	15
100 (4)	190	95	63	47	38	32
125 (5)	327	164	109	82	65	55
150 (6)	505	253	169	126	101	84
200 (8)	725	362	242	181	145	121
250 (10)	1041	520	347	260	208	174

300 (12)	1895	948	632	474	379	316
<i>Pendiente del 2%</i>						
75 (3)	126	63	42	32	25	21
100 (4)	268	134	89	67	54	45
125 (5)	465	232	155	116	93	77
150 (6)	713	357	238	178	143	119
200 (8)	1026	513	359	256	205	171
250 (10)	1479	740	493	370	295	247
300 (12)	2676	1338	892	669	534	446
<i>Pendiente del 4%</i>						
75 (3)	178	89	59	45	36	30
100 (4)	379	190	126	95	76	63
125 (5)	658	329	219	164	131	110
150 (6)	1029	515	343	257	206	172
200 (8)	1449	725	483	362	290	242
250 (10)	2081	1041	693	520	416	347
300 (12)	3716	1858	1238	929	743	619

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.6. Dimensionamiento en función del caudal de diseño, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

2.4.6.6.1. Dimensionamiento de ramales y bajantes.

La dimensión de ramales y bajantes se calcula en función del caudal de diseño.

Tabla 81. Dimensionamiento de ramales y bajantes.

Diámetro de la tubería mm (pulgadas)	Bajantes	Pendiente de ramales		
		1%	2%	4%
Caudal de diseño L/s				
2 (50)	2	1	2	3
3 (75)	5	3	5	7
4 (100)	11	7	10	15
5 (125)	20	10	15	21
6 (150)	34	22	31	43
8 (200)	70	45	64	90
10 (250)	129	83	117	165
12 (300)	206	132	187	264
15 (380)	350	224	316	447

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.6.2. Dimensionamiento de colectores.

Los colectores de agua lluvia se dimensionan en función del caudal de diseño que desemboca en la tubería.

Tabla 82. Dimensionamiento de colectores.

Tamaño mm (pulgadas)	Caudal de diseño L/s
50 (2)	2
50 x 50 (2 x 2)	2
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	2
63 (2 ½)	3
63 x 63 (2 ½ x 2 ½)	3
75 (3)	6
50 x 100 (2 x 4)	6
63 x 75 (2 ½ x 3)	6
100 (4)	12
75 x 110 (3 x 4 ¼)	12
89 x 100 (3 ½ x 4)	12
125 (5)	23
100 x 125 (4 x 5)	23
115 x 115 (4 ½ x 4 ½)	23
150 (6)	36
125 x 150 (5 x 6)	36
140 x 140 (5 ½ x 5 ½)	36
200 (8)	76
150 x 200 (6 x 8)	76

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.6.3. Dimensionamiento de canaletas.

La dimensión de las canaletas se calcula en base al caudal de diseño.

Tabla 83. *Dimensionamiento de canaletas.*

Dimensiones de la canaleta^a mm (pulgadas)	Pendiente %	Caudal de diseño L/s
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	2	2
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	4	3
100 (4)	1	2
57 x 75 (2 ¼ x 3)	2	3
57 x 75 (2 ¼ x 3)	4	5
125 (5)	1	5
100 x 63 (4 x 2 ½)	2	7
75 x 89 (3 x 3 ½)	4	10
150 (6)	1	7
75 x 125 (3 x 5)	2	10
75 x 125 (3 x 5)	4	14
200 (8)	1	16
115 x 150 (4 ½ x 6)	2	22
115 x 150 (4 ½ x 6)	4	31
250 (10)	1	30
125 x 200 (5 x 8)	2	41
100 x 250 (4 x 10)	4	67

^a Las dimensiones corresponden al ancho por la profundidad para las formas rectangulares. Las dimensiones simples son diámetros de un semicírculo.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.6.7. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de desagüe de aguas lluvias. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

2.4.6.7.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de desagüe de aguas lluvias para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Zona geográfica del proyecto (Nombre de la estación pluviográfica cercana a la edificación).
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones de desagüe de aguas lluvias.

2.4.6.7.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación, mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.
3. Identificar cada una de las áreas que recibirán aguas lluvias, tales como pisos, cubiertas, techos, etc.
4. Calcular el número mínimo de sumideros necesarios para evacuar el agua lluvia de las áreas aportantes, para esto se debe ingresar con la superficie aportante en proyección horizontal a la tabla presentada en la sección “Número mínimo de sumideros”.

5. Elegir el sistema de evacuación pluvial que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto, sea este combinado o único.
6. Calcular las áreas de aportación para cada de unos sumideros necesarios para evacuar el agua lluvia. Así mismo de ser el caso, se debe calcular el área aportante de cada una de las cubiertas cuyas aguas pluviales deban ser evacuadas por canaletas.
7. Calcular la intensidad de lluvia, para obtener este parámetro se deben seguir los siguientes pasos:
 - 7.1. Identificar la estación pluviométrica más cercana al lugar de implantación de la edificación.
 - 7.2. Con ayuda del documento denominado “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” disponible en la página web del INAMHI (www.inhami.gob.ec) se debe identificar la ecuación de la intensidad de lluvia para un intervalo de tiempo de duración y período de retorno seleccionado por el criterio del especialista, en función de las recomendaciones presentadas en la sección “Intensidad de lluvia”.
8. Dimensionamiento de canaletas.

Las canaletas son elementos que deben ser instalados cuando existen áreas de cubiertas, por lo tanto, primero se debe identificar las cubiertas y el trazado de la canaleta para que reciba y desaloje el agua lluvia de esta.

- Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.
 - Enumerar cada sección de las cubiertas que vayan a contar con una canaleta de desalojo.
 - Hallar el factor de corrección (f), en función de la intensidad de lluvia hallada para la zona.
 - Multiplicar el área de aportación real de recogida de cada sección por el valor del factor de corrección (f) correspondiente. De esta forma se halla el área de cálculo.

- Seleccionar la pendiente apropiada para el recorrido de las canaletas, en función de las recomendaciones presentadas.
- Ingresar a la tabla denominada “Diámetros de una canaleta para un régimen pluviométrico de 100 mm/h.”. Se debe ingresar con la pendiente de la canaleta, el área de cálculo y así hallar el diámetro de la canaleta. Cabe recalcar que es conveniente elegir una sola medida de canaleta para todo el perímetro de cubierta, siendo la dimensión de éste la correspondiente al tramo de cubierta mayor o en este caso más desfavorable.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.
 - Enumerar cada sección de las cubiertas que vaya a contar con una canaleta de desalojo.
 - Hallar el diámetro de las canaletas pluviales con la tabla denominada “Dimensionamiento de canaletas semicirculares”, se debe ingresar con los datos de intensidad de lluvia calculada anteriormente, el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal y la pendiente de cada sección de cubierta a ser desalojada; de esta forma se obtiene el diámetro de la canaleta.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
 - Calcular el coeficiente de escurrimiento en función de la superficie aportante de aguas lluvias, este valor se obtienen de la tabla denominada “Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.”
 - Calcular el gasto pluvial de diseño mediante el método de la fórmula racional, para cada una de las áreas aportantes identificadas, aplicando la fórmula explicada en la sección “Caudal de diseño”.
 - Hallar el tamaño de una canaleta, con la tabla denominada “Dimensionamiento de canaletas”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente para cada una de las secciones de cubierta a desalojar y con el valor

de la pendiente proyectada para la canaleta, según las recomendaciones presentadas.

9. Dimensionamiento de ramales.

- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.
 - Hallar el diámetro de los ramales pluviales circulares, con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes circulares de desagüe pluvial.”, se debe ingresar con la intensidad de lluvia calculada anteriormente y el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal.
 - Hallar el diámetro de los ramales pluviales rectangulares, con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes rectangulares de desagüe pluvial.”, se debe ingresar con la intensidad de lluvia calculada anteriormente y el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
 - Calcular el coeficiente de escurrimiento en función de la superficie aportante de aguas lluvias, este valor se obtienen de la tabla denominada “Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.”
 - Calcular el gasto pluvial de diseño mediante el método de la fórmula racional, para cada una de las áreas aportantes identificadas, aplicando la fórmula explicada en la sección “Caudal de diseño”.
 - Hallar el diámetro de los ramales de aguas lluvias con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente y la pendiente proyectada para el ramal, según las recomendaciones presentadas.

10. Dimensionamiento de bajantes.

- Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.
 - Hallar el factor de corrección (f), en función de la intensidad de lluvia hallada para la zona.

- Multiplicar el área de aportación real de recogida por el valor del factor de corrección (f) correspondiente. De esta forma se halla el área de cálculo.
- Ingresar a la tabla denominada “Diámetros de las bajantes de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.”, se debe ingresar con el dato del área de cálculo y hallar el diámetro de la bajante.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.
- Hallar el diámetro de los bajantes pluviales circulares, con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes circulares de desagüe pluvial.”, se debe ingresar con la intensidad de lluvia calculada anteriormente y el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal.
- Hallar el diámetro de los bajantes pluviales rectangulares, con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes rectangulares de desagüe pluvial.”, se debe ingresar con la intensidad de lluvia calculada anteriormente y el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
- Calcular el coeficiente de escurrimiento en función de la superficie aportante de aguas lluvias, este valor se obtienen de la tabla denominada “Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.”
- Calcular el gasto pluvial de diseño mediante el método de la fórmula racional, para cada una de las áreas aportantes identificadas, aplicando la fórmula explicada en la sección “Caudal de diseño”.
- Hallar el diámetro de la bajante de aguas lluvias con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente.

11. Dimensionamiento de colectores.

- Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.

- Hallar el factor de corrección (f), en función de la intensidad de lluvia hallada para la zona.
- Multiplicar el área de aportación real de recogida por el valor del factor de corrección (f) correspondiente. De esta forma se halla el área de cálculo.
- Seleccionar la pendiente apropiada del colector, en función de las recomendaciones presentadas.
- Ingresar a la tabla denominada “Diámetros de los colectores de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.”, se debe ingresar con la pendiente del colector, el área de cálculo y hallar el diámetro del colector.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.
- Hallar el diámetro de los colectores pluviales con la tabla denominada “Dimensionamiento de colectores”, se debe ingresar con los datos de intensidad de lluvia calculada anteriormente, el área de la cubierta a ser desalojada en proyección horizontal y la pendiente proyectada para el colector.
- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
- Calcular el coeficiente de escurrimiento en función de la superficie aportante de aguas lluvias, este valor se obtienen de la tabla denominada “Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.”
- Calcular el gasto pluvial de diseño mediante el método de la fórmula racional, para cada una de las áreas aportantes identificadas, aplicando la fórmula explicada en la sección “Caudal de diseño”.
- Hallar el tamaño del colector con la tabla denominada “Dimensionamiento de colectores”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente.

2.4.6.7.3. *Tabla.*

A continuación, se presenta una secuencia a seguir para el dimensionamiento de tuberías de una red de evacuación de aguas pluviales.

2.4.6.7.3.1. Intensidad de lluvia.

Tabla 84. *Tabla de intensidad de lluvia.*

Estación pluviométrica	(Nombre)
Intervalo de tiempo de concentración (min.)	
Período de retorno (años)	
Ecuación intensidad de lluvia	
Intensidad de lluvia <i>i</i> (mm/h)	

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6.7.3.2. Número mínimo de sumideros.

Tabla 85. *Tabla de número mínimo de sumideros.*

Superficie en proyección horizontal (m ²)	Sumidero

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6.7.3.3. Dimensionamiento de canaletas.

- *Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*
 - Superficie de aportación pluviométrica.

Tabla 86. *Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Sumidero / sección de cubierta	Factor de corrección f	Superficie real (m ²)	Superficie de cálculo (m ²)

Fuente: *Elaboración propia.*

Superficie real: Superficie total a desalojar.

Superficie de cálculo: Superficie total a desalojar multiplicada por el factor de corrección (f), utilizada para entrar a las tablas de cálculo.

- *Canaletas para aguas pluviales.*

Tabla 87. *Tabla de dimensionamiento de canaletas, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Sección de cubierta	Factor de corrección f	Superficie real de cubierta (m ²)	Superficie de cálculo (m ²)	Pendiente de la canaleta (%)	Diámetro de la canaleta (mm)

Fuente: *Elaboración propia.*

- *Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.*

Tabla 88. *Tabla de dimensionamiento de canaletas, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Sección de cubierta	Área de la cubierta proyectada horizontalmente (m ²)	Pendiente de la canaleta (%)	Diámetro de la canaleta (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
 - Caudal de diseño.

Tabla 89. Tabla de caudal de diseño.

Intensidad de lluvia <i>i</i> (mm/h)	Coefficiente de escorrentía <i>C</i>	Área tributaria <i>A</i> (m ²)	Caudal de diseño <i>Q</i> (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Canaletas para aguas pluviales.

Tabla 90. *Tabla de dimensionamiento de canaletas, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función caudal de diseño.*

Canaleta	Caudal de diseño Q (L/s)	Pendiente de la canaleta (%)	Dimensiones de la canaleta mm

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6.7.3.4. Dimensionamiento de ramales.

- *Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.*

Tabla 91. *Tabla de dimensionamiento de ramales, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Ramal	Sumidero/ sección de cubierta	Área de la cubierta proyectada horizontalmente (m²)	Diámetro de la bajante (mm) / Tamaño de la tubería, ancho x largo (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- *Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.*

- Caudal de diseño.

Tabla 92. *Tabla de caudal de diseño.*

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Ramales para aguas pluviales.

Tabla 93. *Tabla de dimensionamiento de ramales, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.*

Ramal	Caudal de diseño para ramales Q (L/s)	Pendiente de ramales (%)	Diámetro de la tubería de ramal (mm)

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6.7.3.5. Dimensionamiento de bajantes.

- Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.
 - Superficie de aportación pluviométrica.

Tabla 94. Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.

Intensidad de lluvia (mm/h)	Sumidero / sección de cubierta	Factor de corrección f	Superficie real (m ²)	Superficie de cálculo (m ²)

Fuente: Elaboración propia.

Superficie real: Superficie total a desalojar.

Superficie de cálculo: Superficie total a desalojar multiplicada por el factor de corrección (f), utilizada para entrar a las tablas de cálculo.

- Bajantes de aguas pluviales.

Tabla 95. Tabla de dimensionamiento de bajantes, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.

Intensidad de lluvia (mm/h)	Bajante	Sumidero/ sección de cubierta	Superficie de cálculo (m ²)	Diámetro de la bajante (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.

Tabla 96. Tabla de dimensionamiento de bajantes, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.

Intensidad de lluvia (mm/h)	Bajante	Sumidero/ sección de cubierta	Área de la cubierta proyectada horizontalmente (m ²)	Diámetro de la bajante (mm) / Tamaño de la tubería, ancho x largo (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.
 - Caudal de diseño.

Tabla 97. Tabla de caudal de diseño.

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coefficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m ²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Bajantes de aguas pluviales.

Tabla 98. *Tabla de dimensionamiento de bajantes, según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.*

Bajante	Caudal de diseño para bajante Q (L/s)	Diámetro de la tubería de la bajante (mm)

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6.7.3.6. Dimensionamiento de colectores.

- *Con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

- Superficie de aportación pluviométrica.

Tabla 99. *Tabla de la superficie de aportación pluviométrica.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Sumidero / sección de cubierta	Factor de corrección f	Superficie real (m ²)	Superficie de cálculo (m ²)

Fuente: Elaboración propia.

Superficie real: Superficie total a desalojar.

Superficie de cálculo: Superficie total a desalojar multiplicada por el factor de corrección (f), utilizada para entrar a las tablas de cálculo.

- Colectores de aguas pluviales.

Tabla 100. *Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas de diseño con intensidad pluviométrica de 100 mm/h.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Colector	Sumidero/ Sección de cubierta	Superficie de cálculo (m ²)	Pendiente del colector (%)	Diámetro del colector (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.

Tabla 101. *Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del área tributaria.*

Intensidad de lluvia (mm/h)	Colector	Sumidero/ sección de cubierta	Área de la cubierta proyectada horizontalmente (m ²)	Pendiente del colector (%)	Diámetro del colector (mm)

Fuente: Elaboración propia.

- *Según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.*
 - Caudal de diseño.

Tabla 102. *Tabla de caudal de diseño.*

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Colectores de aguas pluviales.

Tabla 103. *Tabla de dimensionamiento de colectores, con tablas según el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, en función del caudal de diseño.*

Colector	Caudal de diseño	Tamaño

Q (L/s)	(mm)

Fuente: Elaboración propia.

2.4.7. Sistema de desagüe combinado aguas residuales y agua lluvias.

Cuando por condiciones o necesidades de la instalación no pueda realizarse una instalación separativa, y por tanto los bajantes de aguas residuales y pluviales tengan que confluir bajo un mismo colector (colector mixto), deberá realizarse la conversión directa entre las unidades de descarga existentes (UD) y la superficie de recolección de aguas pluviales (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.7.1. Conversión de unidades de descarga a área tributaria.

2.4.7.1.1. Conversión, método con una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.

Es necesario transformar las unidades de descarga correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recolección de agua. La conversión de unidades de descarga en área equivalente para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se realiza según el siguiente criterio:

- Para un número de UD menor o igual de 250 el área equivalente es de 90 m² (Ministerio de Fomento., 2019).
- Para un número de UD mayor de 250 el área equivalente es de 0.36 m² por cada UD (Ministerio de Fomento., 2019).

En caso de que la intensidad pluviométrica de la zona geográfica donde se ubica la edificación analizada sea diferente de 100 mm/h se debe multiplicar el área equivalente por el factor de corrección f , también utilizado para aguas residuales.

$$A_c = A_e * \frac{1}{f}$$

Donde:

A_c : Área de cálculo. [m²]

A_e : Área equivalente. [m²]

f : Factor de corrección.

2.4.7.1.2. Conversión de acuerdo con el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Las unidades de desagüe o de descarga deben ser convertidas a un equivalente área horizontal, la conversión se da bajo las siguientes indicaciones:

- Para un número de UD menor o igual a 256 el área equivalente es de 372 m² (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- Para un número de UD mayor de 256 el área equivalente es de 0.15 m² por cada UD adicional (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Los valores antes mencionados están basados en una intensidad de precipitación de 25 mm/h.

2.4.7.2. Dimensionamiento de ramales, bajantes y colectores.

2.4.7.2.1. Con conversión de unidades de desagüe a área equivalente.

El valor obtenido de la conversión de unidades de descarga a superficie equivalente de las aguas residuales se debe sumar con el área tributaria de las aguas lluvias, con el total del tramo analizado se procede a dimensionar con ayuda de las tablas propuestas para el sistema de evacuación de aguas pluviales.

2.4.7.2.2. Con caudales de diseño.

Se debe obtener los caudales de diseño tanto del sistema de evacuación de aguas residuales como de aguas lluvias y sumarlos según la convergencia en el tramo analizado, para dimensionar se debe utilizar las tablas propuestas para el sistema de evacuación de

aguas lluvias, en las cuales se determina el diámetro de la tubería según el caudal de diseño.

2.4.8. Sistema de ventilación.

Cuando no se suministra un flujo continuo de aire puede producirse variaciones de presión en las tuberías, que desaloja los sellos de agua en los sifones, asimismo, pueden acumularse gases dañinos para la salud; por lo cual deben utilizarse tuberías de ventilación que suministren aire del exterior a la presión atmosférica, conectándose a los bajantes y ramificaciones de recolección de las aguas residuales, a fin de evitar los problemas antes mencionados (García Sosa, 2001).

2.4.8.1. Elementos constitutivos del sistema de ventilación.

2.4.8.1.1. Columna de ventilación.

Tubería vertical que forma parte de la ventilación secundaria, a la cual se conectan los ramales de ventilación; generalmente se sitúa paralela a la bajante sanitaria, con la extremidad superior en contacto con la atmósfera (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

2.4.8.1.2. Ramal de ventilación.

Tubería designada a posibilitar el flujo de aire hacia el sistema de evacuación de las aguas residuales, tiene como objetivo proteger los sellos hidráulicos, evacuar los gases originarios de la descomposición de la materia orgánica, así como garantizar el funcionamiento de las conducciones bajo condiciones de flujo libre (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

2.4.8.2. Requisitos de diseño.

El sello de agua de los aparatos sanitarios debe ser protegido contra sifonaje, por medio de ramales de ventilación, tubos auxiliares de ventilación, en circuito o una combinación de estos métodos; considerando que el sifonaje es la pérdida del sello hidráulico de un sifón de un aparato sanitario.

La tubería de ventilación horizontal debe tener una pendiente mínima del 1%, tal que el agua que pudiera condensarse en dicha tubería pueda circular al desagüe o bajante.

Los tubos de ventilación acoplados a un tramo horizontal del sistema de evacuación de aguas residuales empezarán verticalmente o en ángulo no menor de 45° con la horizontal, hasta una altura mínima de 15 cm, por encima del nivel de rebose de los aparatos sanitarios a los cuales ventilan, antes de prolongarse horizontalmente.

La pendiente del tramo horizontal de desagüe de un aparato sanitario y el tubo vertical de evacuación de aguas residuales será mínimo del 2%, para reducir las posibilidades de sifonaje.

La extensión de la red de ventilación a través de techos debe culminar mínimo 15 cm por arriba de estos, en el caso que la finalización la tubería sea en una terraza accesible o de uso habitual se debe prolongar la tubería hasta una altura mínima de 1.80 m (Morales, y otros, 2010).

Dado el caso que la finalización del tubo de ventilación se encuentre a una distancia menor de 3 m de una entrada de aire al edificio, el tubo debe extenderse 0.60 m por encima de la entrada de aire.

2.4.8.3. Tipos de redes de ventilación.

2.4.8.3.1. Ventilación primaria o principal.

Es la prolongación de los bajantes de la red de evacuación de aguas residuales y/o pluviales, hasta su contacto con la atmósfera es decir hasta por encima de las cubiertas o techos de la edificación, esto para conseguir equilibrar las presiones al interior de la red de evacuación, mediante la entrada de aire en la misma (Soriano & Pancorbo, 2012).

La tubería principal de ventilación debe instalarse tan recta como sea posible y sin disminuir su diámetro (Morales, y otros, 2010). Para evitar la entrada de cualquier objeto extraño o animal que pueda ocasionar obstrucción en la tubería, se debe colocar un tapón de ventilación al finalizar la tubería de ventilación primaria.

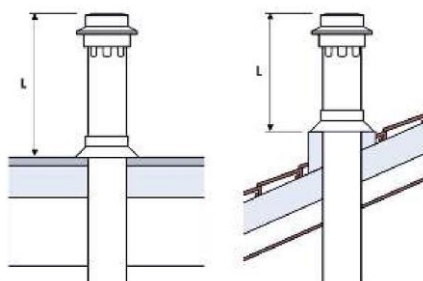


Ilustración 26. Tramos de ventilación primaria sobre cubierta plana y techos.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.8.3.2. Ventilación secundaria o complementaria.

Conformada por una tubería que transcurre paralela a la bajante de aguas residuales y/o combinada que se conecta a ella en sus extremos, aunque es aconsejable que lo haga como mínimo cada cuatro pisos (Soriano & Pancorbo, 2012). Esta ventilación es imprescindible para edificaciones a partir de 6 plantas de altura, sin embargo es aconsejable que se instale en cualquier tipo de edificación (Soriano Rull, 2007).

El objetivo de este tipo de ventilación es evitar la acumulación de aire en las partes bajas de los bajantes, dado que se pueden formar cúmulos de presión que dificultan una evacuación eficaz (Soriano & Pancorbo, 2012).

“El diámetro de la columna de ventilación debe ser al menos igual a la mitad del diámetro de la bajante a la que sirve” (Ministerio de Fomento., 2019).

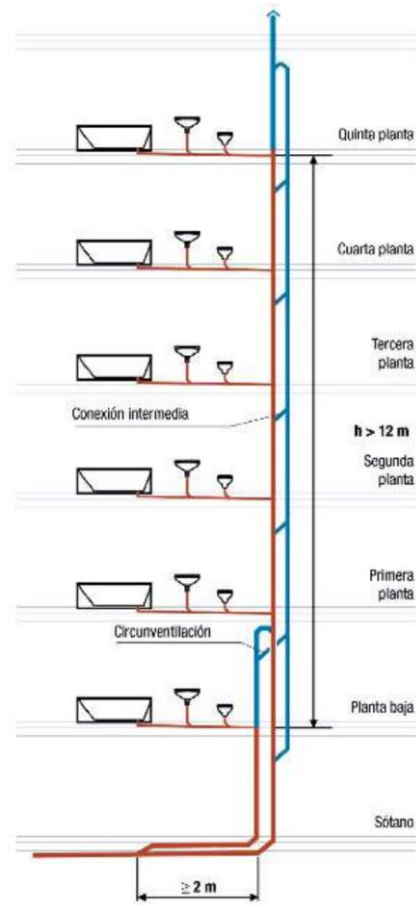


Ilustración 27. Conexión a redes de ventilación secundaria.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

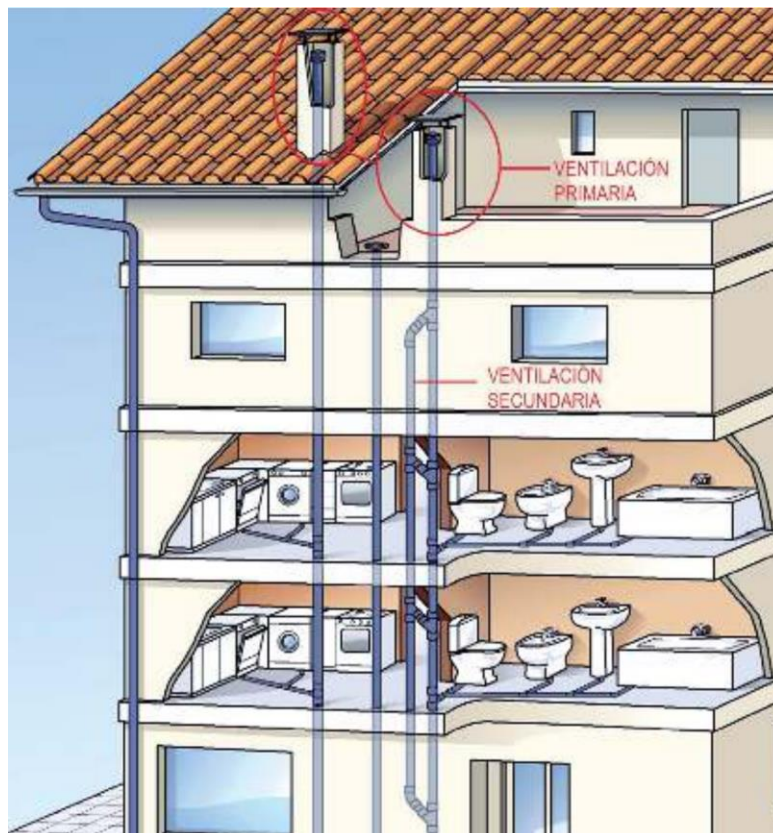


Ilustración 28. Ejemplo de redes de ventilación primaria y secundaria

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.8.3.3. Ventilación terciaria o interior.

“Sistema formado por una columna de ventilación instalada de forma paralela a la de evacuación, conectada a la ventilación secundaria por un extremo y cada uno de los aparatos sanitarios, por el otro, a través de una toma de conexión general o a cada sifón, creando una red de ventilación interior” (Soriano & Pancorbo, 2012).

Este tipo de ventilación no es común dado la obra interior que requiere, por lo cual es poco frecuente, aunque se justifica su aplicación cuando la longitud de los ramales interiores es superior a 5 m con respecto al bajante sobre el que descarguen, o cuando la edificación tiene una altura superior a 14 plantas (Soriano & Pancorbo, 2012).

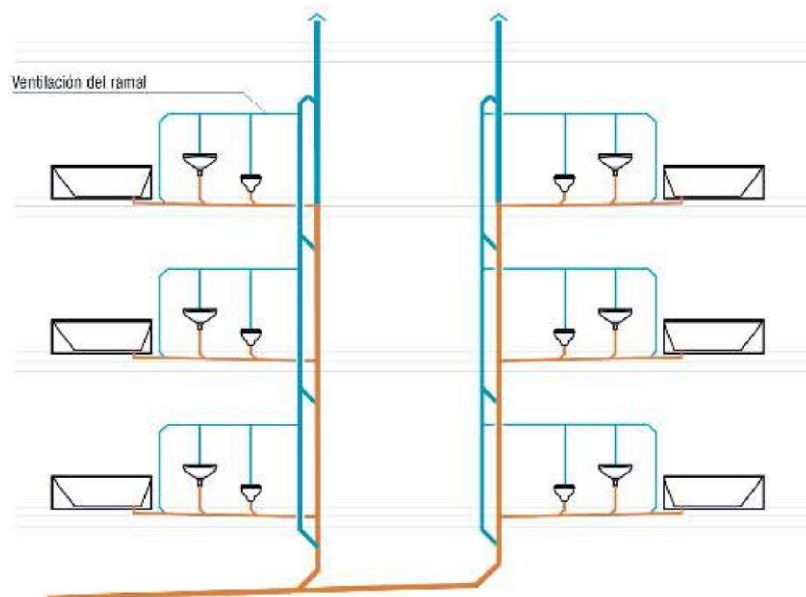


Ilustración 29. Conexión a redes de ventilación terciaria.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

2.4.8.4. Sifonamiento.

La ausencia de ventilación en las redes de evacuación produce el desifonamiento de los aparatos sanitarios, es decir, la falta de estanqueidad al retorno de aire y agua de la red (Soriano & Pancorbo, 2012).

Las razones del desifonamiento de los aparatos más cercanos a los bajantes, normalmente los inodoros y de los demás aparatos sanitarios puede darse principalmente por:

2.4.8.4.1. Sifonamiento por compresión.

“Cuando el agua de descarga descende, produce en la parte del bajante que está por debajo de él una presión mayor que la atmosférica que puede llegar a empujar el agua de los sifones expulsándolas fuera de los mismos; con ello se pierde el cierre hidráulico y queda el camino abierto para la entrada de los malos olores de las tuberías” (Soriano & Pancorbo, 2012).

ramal sanitario mm (pulgadas)	Máxima longitud de desarrollo para la ventilación											
	m ^a											
32 (1 ¼)	2	9.1	-									
38 (1 ½)	8	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 (1 ½)	10	9.1	30.5									
50 (2)	12	-	22.9	61.0	-							
50 (2)	20	9.1	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-
63 (2 ½)	42	7.9	9.1	30.5	91.5							
75 (3)	10		12.8	45.7	109.8	317.1						
75 (3)	21	-	9.8	33.5	82.3	247.0	-	-	-	-	-	-
75 (3)	53		8.2	28.7	70.1	207.3						
75 (3)	102		7.6	26.2	64.0	189.0	-					
100 (4)	43	-	-	10.7	25.9	76.2	298.8	-	-	-	-	-
100 (4)	140		-	8.2	19.8	61.0	228.7					
100 (4)	320			7.0	16.8	51.8	195.1	-				
100 (4)	540	-	-	6.4	15.2	45.7	176.8	-	-	-	-	-
125 (5)	190			-	8.5	25.0	97.6	301.8				
125 (5)	490				6.4	19.2	76.2	231.7				
125 (5)	940	-	-	-	5.5	16.2	64.0	204.3	-	-	-	-
125 (5)	1400				4.9	14.9	57.9	179.9				
150 (6)	500					10.1	39.6	122.0	304.9			
150 (6)	1100	-	-	-	-	7.9	30.5	94.5	237.8	-	-	-
150 (6)	2000					6.7	25.6	79.3	201.2			
150 (6)	2900					6.1	23.5	73.2	182.9	-		
200 (8)	1800	-	-	-	-	-	9.5	29.0	73.2	286.6	-	-
200 (8)	3400					-	7.3	22.3	57.9	222.2		
200 (8)	5600						6.1	18.9	48.8	186.0	-	
200 (8)	7600	-	-	-	-	-	5.5	17.1	42.7	170.7	-	-
250 (10)	4000						-	9.5	23.8	94.5	292.7	

250 (10)	7200								7.3	18.3	73.2	225.6	
250 (10)	11000	-	-	-	-	-	-	-	6.1	15.5	61.0	192.1	-
250 (10)	15000								5.5	14.0	54.9	174.1	
300 (12)	7300									9.5	36.6	115.9	286.6
300 (12)	13000	-	-	-	-	-	-	-		7.3	28.7	91.5	219.5
300 (12)	20000									6.1	24.1	76.2	186.0
300 (12)	26000									5.5	22.0	70.1	152.4
380 (15)	15000	-	-	-	-	-	-	-		-	12.2	39.6	94.5
380 (15)	25000									-	9.5	29.3	73.2
380 (15)	38000										7.9	24.7	61.0
380 (15)	50000	-	-	-	-	-	-	-			7.3	22.6	54.9

Factores de conversión:

1 m = 3.28 pies.

^a La longitud de desarrollo debe ser medida desde la conexión de la ventilación al aire libre.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

2.4.8.6. Dimensionamiento, según otras fuentes.

Los diámetros de las tuberías de ventilación se determinarán considerando el número de unidades de descarga que corresponden a la tubería que se ventila; el diámetro de la bajante de aguas residuales correspondiente y la longitud total de la tubería de ventilación considerada (Castillo Anselmi, 2014).

2.4.8.6.1. Dimensionamiento de columnas de ventilación.

Los diámetros de las columnas de ventilación se obtienen en función del diámetro de la bajante a la cual sirven, del número de unidades de descarga y de la longitud efectiva.

Tabla 105. *Dimensionamiento de columnas de ventilación.*

Diámetro de la bajante sanitaria mm	Unidades de descarga hidráulica ventiladas UD	Diámetro mínimo de la tubería de ventilación mm									
		32	40	50	60	75	100	150	200	250	300
		Longitud máxima permitida m									
32	2	9									
40	8	15	46								
50	12	9	23	61							
50	20	7	15	46							
75	10	-	13	46	110	317					
75	21	-	10	33	82	247					
75	53	-	8	29	70	207					
75	102	-	8	26	64	189					
100	43	-	-	11	26	76	299				
100	140	-	-	8	20	61	229				
100	320		-	7	17	52	195				
100	530	-	-	6	15	46	177				
150	500	-	-	-	-	10	40	305			
150	1 100	-	-	-	-	8	31	238			
150	2 000	-	-	-	-	7	26	201			
150	2 900	-	-	-	-	6	23	183			
200	1 800	-	-	-	-	-	10	73	286		
200	3 400	-	-	-	-	-	7	57	219		
200	5 600	-	-	-	-	-	6	49	186		
200	7 600	-	-	-	-	-	5	43	171		
250	4 000	-	-	-	-	-	-	24	94	293	
250	7 200	-	-	-	-	-	-	18	73	225	
250	11 000	-	-	-	-	-	-	16	60	192	
250	15 000	-	-	-	-	-	-	14	55	174	

300	7 300	-	-	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13 000	-	-	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20 000	-	-	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26 000	-	-	-	-	-	-	5	22	70	152

Fuente: (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

2.4.8.6.2. Dimensionamiento de ramales de ventilación.

El dimensionamiento de los ramales de ventilación depende de del diámetro del ramal sanitario servido, de las unidades de descarga y de la máxima longitud del tubo de ventilación.

Tabla 106. Diámetro de ramales de ventilación.

Diámetro ramal sanitario horizontal mm	Unidades de descarga hidráulica ventiladas UD	Diámetro mínimo del tubo de ventilación mm					
		38	50	63	75	100	125
		Máxima longitud del tubo de ventilación m					
38	10	6					
50	12	4.5		12			
50	20	3		9			
75	10			6	12	30	
75	30			12	30		
75	60			4.8	24		
100	100			2.1	6	15.6	60
100	200			1.8	5.4	15	54
100	500			4.2	10.8	42	
125	200				4.8	21	60
125	1100				3	12	42

Fuente: (Pérez Carmona, 2015).

2.4.8.7. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de ventilación. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

2.4.8.7.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de evacuación de aguas pluviales para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Zona geográfica del proyecto.
- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Diseño de evacuación de aguas residuales.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño del sistema de ventilación.

2.4.8.7.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Diseño de sistema de drenaje residual.
3. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes del sistema residual recorren, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.

2.4.8.7.2.1. Ventilación primaria.

1. Identificar todas las bajantes de aguas residuales de la edificación y sus respectivos diámetros.
2. Prolongar el bajante de aguas residuales con una tubería de ventilación del mismo diámetro, cuya longitud deberá extenderse hasta estar contacto con la atmósfera a una distancia especificada en función del uso y accesibilidad de la cubierta.

2.4.8.7.2.2. Ventilación secundaria.

1. Identificar el diámetro de la bajante de aguas residuales y/o combinada a ser ventilada.
2. Identificar el total de unidades de descarga que confluyen en la bajante de aguas residuales y/o combinada.
3. Identificar la máxima longitud efectiva del tramo.
4. Con los datos anteriormente identificados, ingresar a la tablas denominadas “Dimensionamiento de columnas y ramales de ventilación.” o “Dimensionamiento de columnas de ventilación.”, según el método seleccionado, de esta manera se halla el diámetro de la columna de ventilación secundaria

2.4.8.7.2.3. Ventilación terciaria.

1. Identificar el diámetro del ramal de desagüe a ser ventilado.
2. Identificar el número de unidades de descarga que evacua el ramal de desagüe.
3. Identificar la longitud máxima que recorrerá el ramal de ventilación para su conexión a la bajante de ventilación secundaria.
4. Ingresar a la tablas denominadas “Dimensionamiento de columnas y ramales de ventilación.” o “Dimensionamiento de ramales de ventilación.”, según el método seleccionado, con los datos anteriormente identificados y hallar el diámetro de la ventilación terciaria.

2.4.8.7.3. Tabla.

2.4.8.7.3.1. Dimensionamiento de bajantes o columnas de ventilación.

Tabla 107. *Tabla de dimensionamiento de bajantes de ventilación.*

Bajante de aguas residuales	Diámetro de la bajante de aguas residuales mm	Unidades de descarga UD	Máxima longitud de la tubería de ventilación m	Diámetro de la tubería de ventilación mm	Diámetro comercial ecuatoriano mm

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro de la bajante: Diámetro de la bajante que requiera ventilación.

Unidades de descarga: Unidades de descarga que confluyen en la bajante.

Máxima longitud: Máxima longitud que deberá tener la tubería de ventilación.

2.4.8.7.3.2. Dimensionamiento de ramales de ventilación.

Tabla 108. *Tabla de dimensionamiento de ramales de ventilación.*

Ramal / Aparato sanitario	Diámetro del ramal de aguas residuales mm	Unidades de descarga UD	Longitud máxima del tubo de ventilación m	Diámetro tubo de ventilación mm	Diámetro comercial ecuatoriano mm

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro del ramal: Diámetro del ramal a ser ventilado.

Unidades de descarga: Unidades de descarga que confluyen en los ramales.

Longitud máxima de tubería: Máxima longitud que deberá tener la tubería de ventilación.

3. PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: INSTALACIONES HIDROSANITARIAS, DEL EJE DE SERVICIOS BÁSICOS DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

3.1. Introducción

El acceso universal a los servicios de agua y saneamiento son un derecho humano de la sociedad y el estado ecuatoriano lo garantiza mediante la gestión y el desarrollo integrado de los recursos hídricos. Específicamente mediante el sistema de abastecimiento público de agua y el sistema público de alcantarillado.

Cada usuario para hacer uso de los sistemas deberá emplear las instalaciones hidrosanitarias en las edificación o vivienda. Las instalaciones hidrosanitarias están conformadas por, el sistema de distribución de agua que conectan el sistema público de abastecimiento con el interior de la vivienda; el sistema de evacuación de aguas residuales y aguas lluvias que conectan el interior de la edificación con el sistema de alcantarillado público y finalmente el sistema de ventilación conformado por las tuberías que brindan ventilación a la red de drenaje.

Por lo tanto, es técnicamente necesario y socialmente conveniente que el diseño y ejecución de instalaciones hidrosanitarias en edificios sean referidos a una norma nacional que garantice su funcionalidad, con las características físicas y topológicas apropiadas, para su operación y mantenimiento.

Toda instalación hidrosanitaria en una construcción nueva, rehabilitación o ampliación de instalaciones ya existentes deberán referirse a esta propuesta de norma técnica. Para los casos no contemplados en la presenta propuesta, el ingeniero encargado, deberá fijar los requisitos necesarios para garantizar el funcionamiento, fundamentando y justificando su uso en la memoria técnico-ejecutiva correspondiente, seguidamente analizados y aprobados por su fiscalizador.

3.2. Objetivo

Establecer una propuesta que contenga los requisitos mínimos de diseños hidráulicos y sanitarios, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoriana de la

Construcción, que garantice las exigencias básicas de salubridad y que sirvan como base para un diseño de:

- Sistema de agua potable, desde su abastecimiento hasta la red de distribución.
- Sistema de evacuación de aguas residuales.
- Sistema de ventilación de la red de aguas residuales.
- Sistema de evacuación de aguas lluvias.

3.3. Marco normativo

- Normativa Nacional.
- Normativa Colombiana.
- Normativa Peruana.
- Normativa Norteamericana.
- Normativa Francesa.

3.4. Descripción general de instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias comprenden los materiales y artefactos utilizados en la instalación, mantenimiento, extensión y modificación de toda la tubería, artefactos, aparatos y accesorios sanitarios, dentro o adyacentes a cualquier estructura, en conexión con sistemas de desagüe sanitario, pluvial, sistema de ventilación, y sistemas de abastecimiento de agua (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). Las instalaciones hidrosanitarias ofrecen servicios al usuario enfocados a mejorar las condiciones de habitabilidad en una vivienda, se puede considerar que una vivienda sin dichas instalaciones es inhabitable.

3.5. Sistema de distribución de agua potable para edificaciones
















El sistema de abastecimiento de agua potable para edificaciones consiste en las instalaciones de redes interiores y exteriores de tuberías, así como los accesorios que van desde la acometida hasta cada uno de los aparatos sanitarios o puntos de consumo, que trabaja de manera constante, especialmente bajo condiciones de demanda pico, tanto para la red de agua fría como para la red de agua caliente.

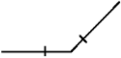



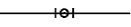
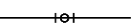
Todo aparato sanitario, dispositivo o mueble que requiere del uso de agua para su correcto funcionamiento debe estar conectado a la red de abastecimiento de agua pública o municipal de acuerdo con las disposiciones posteriormente especificadas (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.1. Simbología de los elementos de la red de distribución de agua potable.

Estandarizando la simbología y nomenclatura utilizada en planos de diseño e informes de cálculo, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 109. *Simbología de los elementos de la red de distribución.*

Símbolo	Significado
	Punto de consumo
	Llave de paso
	Llave de paso con grifo vaciado
	Acometida
	Válvula reductora de presión
	Válvula de retención
	Bomba
	Depósito de agua caliente
	Contador general
	Deposito atmosférico con válvula de flotador
	Medidor de agua
	Tubería de agua fría
	Cruce de tubería sin conexión
	Cruz
	Codo a 90°

	Codo a 45°
	Codo de 90° sube
	Codo de 90° baja
	Tee
	Tee con subida
	Tee con bajada

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Planos.

Los planos correspondientes a las instalaciones de distribución de agua potable deberán mostrar en la vista en planta los diferentes ambientes de la edificación establecidos en los planos arquitectónicos. El sistema de abastecimiento propuesto indicando el desarrollo de las derivaciones a cada uno de los artefactos sanitarios.

Además, se indicará el sistema de distribución interior con detalle de los artefactos y conexiones, ubicación de los medidores de agua, válvulas, equipos de bombeo, y otros detalles que el Proyectista considere necesarios. Mostrar en una vista en planta y corte el tipo de tubería o conducto: impulsión, montante, ramal de agua potable, indicando el tipo de material, diámetro y longitud. El plano de corte deberá mostrar todos los niveles de la edificación, indicando el desarrollo del sistema de abastecimiento de agua potable.

Y finalmente se deberá mostrar con detalle el sistema de almacenamiento de agua, indicando la ubicación del o los tanques (cisterna, elevado, hidroneumático), las tuberías de impulsión, rebose, limpieza, ventilación, equipos de bombeo, sistema de control de niveles, capacidad, dimensiones y otros detalles que el proyectista considere necesarios.

3.5.3. Elementos constitutivos de la red de distribución de agua potable.

Los elementos que constituyen el sistema de la red de agua potable para suministro de agua en edificaciones son:

3.5.3.1. Acometida.

Une la red pública de distribución de agua potable con la red de predial de agua potable a abastecer. Consta de: Tubería de acometida, collarín de toma, llave de corte general y tubería de alimentación.

Tubería de acometida. – Corresponde al ramal que permite el enlace hidráulico entre la red pública con un collarín hasta la toma con la llave de corte general también conocida como llave de registro.

Collarín de toma o llave de toma. – Se encuentra accesible para su manejo generalmente frente de la edificación a abastecer, se instala exteriormente y de forma envolvente en una sección de la tubería de abastecimiento, permitiendo realizar la toma en carga sin la interrupción del suministro de agua.

Llave de corte general o llave de registro. – Se encuentra ubicada en el exterior de la edificación, específicamente en la acera o en la vía pública.

Tubería de alimentación. – Corresponde al enlace hidráulico desde la llave de corte general hacia el contador general o batería de contadores. De preferencia debe estar visible para facilitar su inspección y el control de fugas de agua en sus extremos.

3.5.3.2. Medidores.

Los medidores de agua o hidrómetros deberán ser instalados en todo tipo de inmueble sea residencial, comercial, institucional o industrial. Toda instalación de hidrómetros debe ser realizada en un lugar visible y de fácil lectura tanto para el usuario como para la entidad competente.

En edificaciones de múltiples usos, como el residencial, comercial o institucional, deberán contar con hidrómetros independientes para cada tipo de consumo. Cada medidor deberá contar con un sistema de prevención de contaminación a la red pública conformada por una válvula antirretorno y una llave de paso.

En edificios donde existan dos o más apartamentos o conjuntos residenciales con 2 o más casas, se deberá contar con un medidor general provisto por la entidad competente, asimismo, cada departamento o unidad de vivienda deberá ser provisto de un medidor individualizado.

3.5.3.3. *Alimentación principal.*

Enlace hidráulico que va desde el medidor general hasta la estructura de almacenamiento.

3.5.3.4. *Montantes, tubería ascendente o descendente.*

Tuberías instaladas en línea vertical que sirven para abastecer a los ramales de agua potable, desde una estructura de almacenamiento superior o inferior hacia todos los niveles de la edificación. Esta tubería se eleva por zonas comunitarias de la edificación, dentro de una estructura que ofrezca protección pero que permita acceso para poder realizar mantenimiento y controles de calidad.

3.5.3.5. *Ramales o derivaciones colectivas.*

Son líneas hidráulicas que abastecen a nudos de consumo comunitarios o grifos de servicio, se caracterizan por no tener contadores individuales; inician su recorrido desde el montante hasta dichos nudos. Es recomendable instalar una válvula de paso y purga, y en caso de ser necesario un dispositivo anti-ariete. (Pérez Carmona, 2015)..

3.5.3.6. *Subramales o derivaciones particulares.*

Son líneas hidráulicas que recorren zonas de subdivisión desde las derivaciones colectivas hasta los nudos de consumo particulares. Estas instalaciones se componen de:

Válvula de corte interna. - Llave instalada en el interior o en una zona accesible a la subdivisión de la propiedad, la cual permite el corte del suministro únicamente de la subdivisión.

Líneas hidráulicas internas. - Corresponden a las derivaciones propias de la subdivisión de la propiedad, repartidas para abastecer a los muebles o aparatos sanitarios y nudos de consumo internos.

3.5.3.7. Puntos de consumo.

Constituye las salidas de agua de la red de abastecimiento correspondiente a la subdivisión, para brindar servicio y suministro al usuario a través de los muebles sanitarios.

3.5.3.8. Muebles o aparatos sanitarios.

Los aparatos sanitarios requieren el uso de agua potable para su funcionamiento, están conectados a los puntos de consumo y tienen un desagüe para la evacuación de aguas residuales, además cada uno debe llevar su propia llave de corte. La clasificación y los requisitos dimensionales de los aparatos sanitarios se encuentran en la NTE INEN 1569.

3.5.3.9. Válvulas de cierre o llave de paso.

Las válvulas de control son usadas para controlar el flujo de un fluido, deben ubicarse en un lugar accesible para su fácil operación y mantenimiento.

Cada baño, cocina, lavandería o conjunto de artefactos sanitarios, ubicados en un mismo ambiente, deberían contar con una válvula de cierre. A criterio del proyectista, se podrán instalar válvulas de cierre en todos o algunos artefactos como inodoros, lavatorios, lavamanos, lavaplatos, lavanderías, etc. En una residencia unifamiliar donde se tenga dos baños adyacentes, se podrá instalar una sola válvula de cierre.

En edificios de multiusos como doméstico, comercial, institucional, los diferentes artefactos, deberán contar con válvulas de cierre individuales o de grupo.

3.5.3.10. Retratamiento.

Sistema de saneamiento in situ, encargado del tratamiento y reusó de aguas residuales de la edificación en estudio. Cada propietario tiene libre albedrío respecto a la instalación de este sistema, este tratamiento no debe deteriorar la calidad del agua, en sus componentes: físico, químico, bacteriológico y de radioactividad.

3.5.3.11. Estructura de almacenamiento.

Depósito estructural para el almacenamiento de agua potable, generalmente enterrado, que suministrará de agua potable a la edificación a través de un sistema de bombeo.

3.5.3.12. Sistema de bombeo.

Lo conforma el grupo motor-bomba y en casos específicos un depósito hidroneumático, que transmiten energía al fluido. Normalmente se utiliza cuando la presión disponible no es suficiente para trasegar el agua hasta el punto más crítico, con la presión requerida.

3.5.3.13. Equipo hidroneumático.

El equipo hidroneumático tiene por finalidad entregar un caudal variable a una presión también variable entre una máxima y una mínima. Su funcionamiento se basa en una compresión y una descompresión que sufre el volumen de aire contenido en el tanque. El agua es introducida por una bomba y extraída a través de un orificio conectado al sistema. (Castillo Anselmi, 2014).

3.5.4. Materiales.

Las tuberías de distribución de agua potable deben ser fabricadas con material libre de sustancias tóxicas que puedan alterar las propiedades y calidad del agua potable abastecida por el proveedor del servicio.

Las tuberías de distribución de agua potable que son empleadas para instalaciones domiciliarias podrán ser fabricadas de los siguientes materiales: tuberías de policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), hierro galvanizado o cobre, etc.

Tabla 110. *Tuberías y accesorios para tuberías de distribución de agua potable para edificaciones y la norma correspondiente.*

Material y/o accesorios	Norma
--------------------------------	--------------

Tubos y accesorios de policloruro de vinilo (PVC) no plastificado para presión.	NTE INEN 1373
Tubos de PVC rígido unión por rosca, para conducción de agua potable a presión. Cédula 80.	NTE INEN 2497
Tubos de polipropileno (PP) para unión por rosca en sistemas de conducción de agua fría y caliente a presión.	NTE INEN 2955
Tubos de polietileno para conducción de agua a presión.	NTE INEN 1744
Tubos de acero al carbono negros y galvanizados, con y sin costura para conducción de fluidos.	NTE INEN 2470
Tubos de cobre o aleación de cobre	ASTM B42; ASTM B302; ASTM B75; ASTM B88; ASTM B251; ASTM B447

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5. Sistemas de abastecimiento de agua potable.

Para la distribución del agua potable en las edificaciones se podrá utilizar tres sistemas, cuyo empleo dependerá de las características de la edificación y sus requerimientos, estos son:

- Sistema directo.
- Sistema indirecto.
- Sistema mixto.

El óptimo será aquel que garantice el abastecimiento de agua potable con un caudal y presión constante, además de ser el sistema más eficiente y económico.

3.5.5.1. Sistema directo.

Tiene una conexión a la red pública, mediante un ramal de alimentación se conecta a una red de distribución y finaliza en cada uno de los puntos de salida de los aparatos sanitarios. Deberá garantizarse que se cumplan las condiciones presión y caudal suficiente tal que satisfaga la demanda del aparato sanitario más crítico, durante las 24 horas del día.

Las condiciones del sistema son:

- La presión de la red pública disponible para la edificación debe ser mayor a la requerida por el aparato sanitario más crítico sin el uso de bombas ni tanques de almacenamiento.
- El ramal de alimentación deberá contar con una válvula antirretorno, como medida de protección contra los riesgos de contaminación a la red pública.

Nota: Para realizar el diseño preliminar de este sistema, se deberá tener listo un trazado tentativo de la red de distribución, especialmente del tramo y aparato más crítico, sobre ellos se evaluará la condición de caudal y presión.

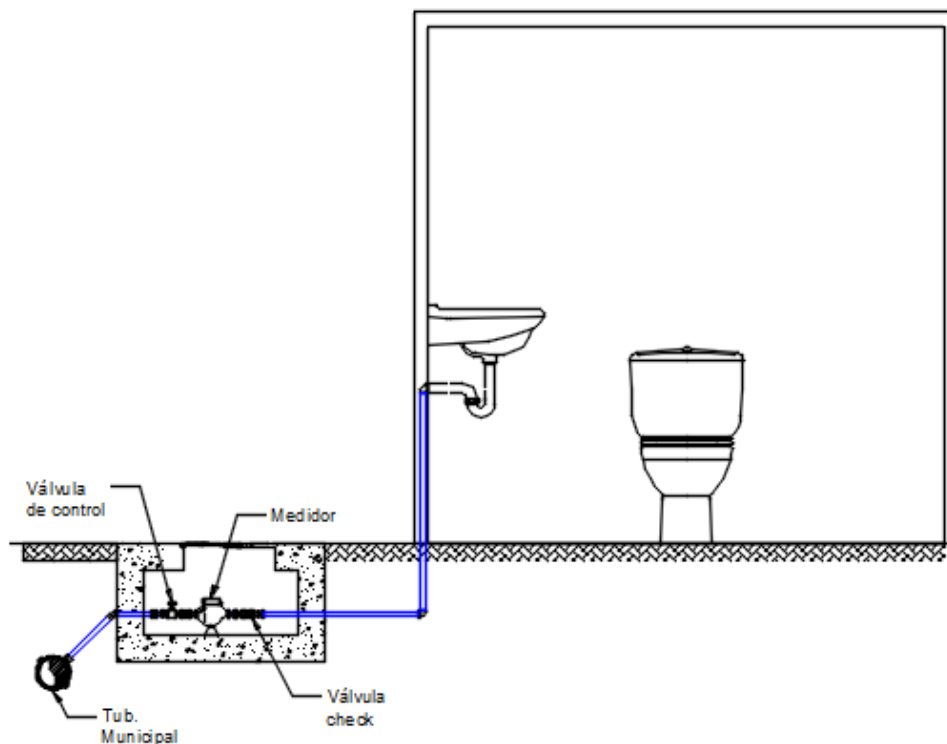


Ilustración 30. Sistema directo.

Fuente: Autoría propia.

3.5.5.2. Sistema indirecto.

Se utilizará en caso de no cumplir con las condiciones de caudales y presiones necesarias de funcionamiento establecidas durante 24 horas. Este sistema comúnmente se utiliza para edificaciones de mayor altura.

3.5.5.2.1. Sistema de tanque elevado.

Inicia con la conexión a la red pública, conduce el agua mediante un ramal de alimentación hasta un tanque elevado y desde este funciona una red de distribución a gravedad hacia todos los puntos de consumo de la edificación.

Las condiciones del sistema son:

- Verificar que la presión disponible en la salida de la conexión a la red pública sea mayor que la presión requerida para llenar el tanque.

- El volumen del tanque elevado será igual al 100% del consumo diario, calculado en función de los usos de los diferentes ambientes y las dotaciones correspondientes en la edificación.
- El tanque elevado deberá estar dotado de tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución.
- La ubicación del tanque elevado deberá fijarse en coordinación con el arquitecto y el ingeniero estructural, teniendo en cuenta la altura necesaria para dar la presión suficiente a la red de distribución y el fácil acceso.
- Los tanques de agua potable por gravedad o bocas de inspección de tanques bajo presión no deben ser ubicados directamente debajo de ninguna tubería sanitaria o de evacuación, o de alguna otra fuente de contaminación.
- La superficie interior de un tanque de agua potable no debe estar forrada, pintada o reparada con cualquier material que cambie el sabor, olor, color o potabilidad del abastecimiento de agua.
- La acometida será directa al tanque alto con paso directo a suministro por gravedad.

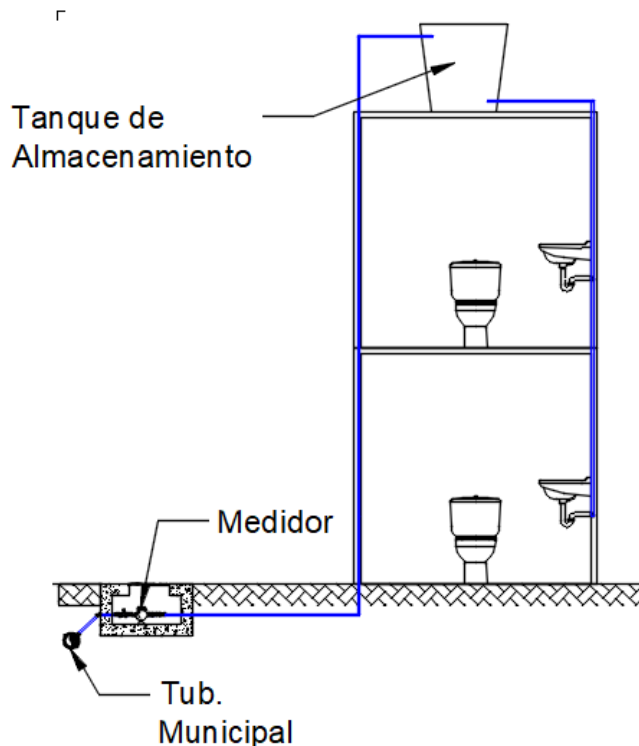


Ilustración 31. Sistema indirecto con tanque elevado.

Fuente: Autoría propia.

3.5.5.2.2. Sistema con cisterna y tanque elevado.

Inicia en la acometida desde a la red pública, continua hacia la cisterna o tanque bajo, después con un equipo de bombeo el agua de la cisterna se traslada hasta el tanque elevado de almacenamiento, desde el tanque elevado se da funcionamiento a la red de distribución a gravedad para alimentar a todos los puntos de consumo de la edificación.

Las condiciones del sistema son:

- La cisterna deberá tener una capacidad de almacenamiento de 60-70 % del consumo diario y el tanque elevado una capacidad mínima equivalente a un 40-30 % del consumo diario.
- La cisterna deberá estar dotado de tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y succión.

- Es recomendable que el equipo de bombeo se componga de al menos 2 unidades para el 100% del caudal.
- El control de los niveles de agua en los tanques para este tipo de sistema se hará por interruptores electrónicos de parada y arranque que permitan: Arrancar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado descienda hasta la mitad de su altura; parar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado ascienda hasta el nivel máximo previsto; parar la bomba cuando el nivel del agua en la cisterna descienda hasta 15 cm por encima de la canastilla de succión.
- Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual surgirá una ramificación para cada piso para abastecer a los apartamentos correspondientes al mismo; este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose que no sobrepasen los valores adecuados (Wekker & Asociados, 2004).

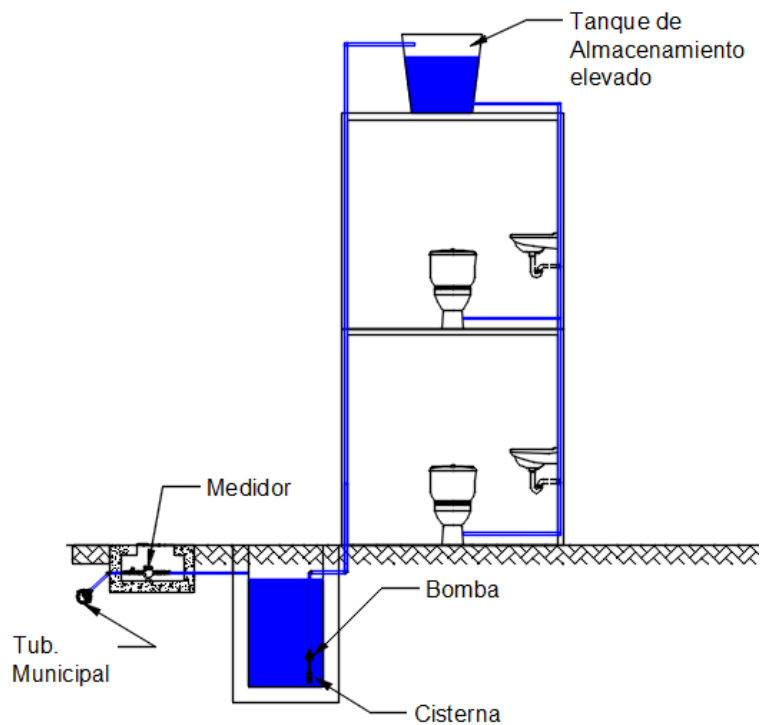


Ilustración 32. Sistema indirecto con cisterna y tanque de almacenamiento.

Fuente: Autoría propia.

3.5.5.2.3. Sistema con tanque hidroneumático.

Cuando se requiera de presiones de salida mayores a las que se puedan conseguir con un tanque elevado, será necesario utilizar un equipo de presurización que garantice las condiciones de caudal y presión necesarias para el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, en especial al punto de consumo más alejado y elevado de la edificación (Castillo Anselmi, 2014).

Mantendrá una cisterna de almacenamiento con capacidad mínima equivalente al 100% del consumo diario que alimentará al tanque hidroneumático.

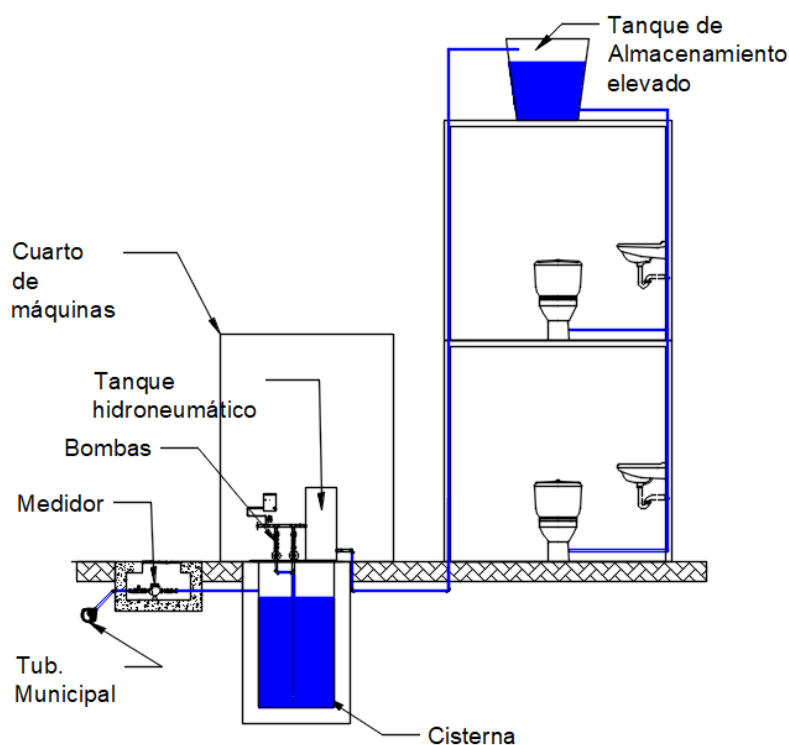


Ilustración 33. Sistema indirecto con tanque hidroneumático.

Fuente: Autoría propia.

3.5.5.3. *Sistema mixto.*

El sistema mixto es una combinación del sistema directo e indirecto, en el cuál algunos puntos de consumo son alimentados por un sistema de abastecimiento directo y otros por un sistema indirecto, debido a que para llegar a unas zonas de presión podría únicamente ser necesario hacer uso de un sistema de tanque elevado y para llegar a zonas de presión más altas se puede emplear equipo de bombeo simulando un sistema cisterna-tanque elevado, mientras que para otras zonas es suficiente el abastecimiento por medio de la red pública.

Se requieren capacidades de cisterna y tanque elevado más pequeñas que en el método indirecto, lo mismo que bombas de menor capacidad.

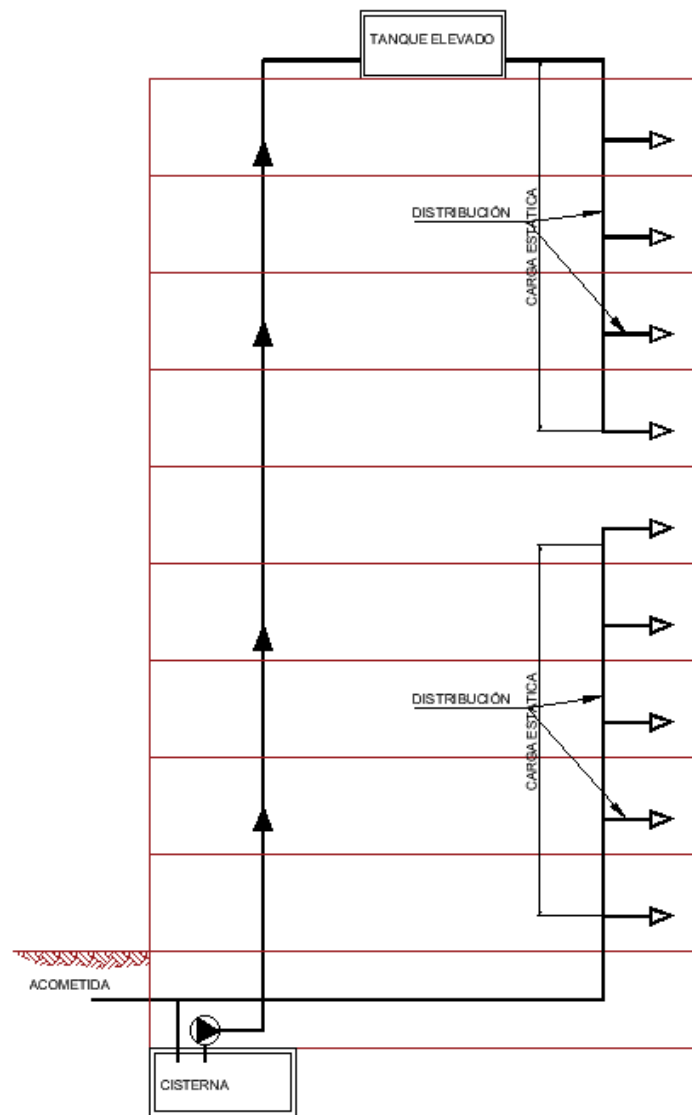


Ilustración 34. Sistema mixto. Abastecimiento por gravedad y abastecimiento directo.

Fuente: Autoría propia

3.5.6. Estructura de almacenamiento.

Estructura de hormigón armado diseñada para albergar agua potable durante un período determinado de tiempo, la cisterna deberá contar con una tubería de aireación, tapa de inspección, escalera marinera y desagüe.

El volumen de almacenamiento no deberá ser menor al consumo diario de la edificación (24 horas), ni tampoco a 500 L. Además, se debe considerar la reserva de agua para el sistema contra incendios.

3.5.6.1. Consumo.

Es el volumen de agua utilizado por una persona en un día, para satisfacer sus necesidades se mide en: L/hab/día; es imprescindible determinar la cantidad de agua que ha de consumirse, de acuerdo con el tipo de construcción, servicio que debe prestar y considerando el número de muebles que puedan o deban trabajar simultáneamente.

Para realizar el cálculo del consumo primero se debe determinar la tasa de ocupación de las edificaciones, considerando la siguiente tabla:

Tabla 111. *Tasa de ocupación de edificios públicos y privados.*

Tipo de edificación	Tasa de ocupación
Bancos	1 persona/5.0 m ²
Oficinas	1 persona/6.0 m ²
Locales comerciales. Planta baja	1 persona/2.5 m ²
Locales comerciales. Pisos superiores	1 persona/5.0 m ²
Museos y bibliotecas	1 persona/5.5 m ²
Centro comercial	1 persona/5.0 m ²
Salas de hoteles	1 persona/5.5 m ²
Restaurantes	1 persona/1.5 m ²
Supermercados	1 persona/2.5 m ²
Teatros, cines, auditorios	1 persona/0.7 m ²

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

3.5.6.2. Dotación de agua.

Dotación es la cantidad de agua que consume en promedio una persona durante un día, este valor incluye el consumo necesario para: aseo personal, limpieza y cocción de alimentos etc.

Se debe realizar el cálculo de dotación en función del número de usuarios y el espacio al que se desea abastecer, con los datos de la siguiente tabla:

Tabla 112. Dotaciones.

Tipo de edificación	Unidad	Dotación	Dotación considerada
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 -350	250
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil/día	40-60	40
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150-300	200
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3-5	5
Centro comercial	L/m ² área útil/día	15-25	20
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5-10	5
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante /día	500-1000	500
Cuarteles	L/persona /día	150-350	275
Escuelas y Colegios	L/estudiante/día	20-50	20
Hospitales	L/cama/día	800-1300	1000
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante /día	150-400	250
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante /día	350-800	600
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante /día	200-300	300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2-8	8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa/día	30-50	50
Mercados	L/puesto /día	100-500	500
Oficinas	L/persona/día	50-90	60

Piscinas	L/m ² área útil/día	15-30	20
Prisiones	L/persona/día	350-600	500
Salas de fiesta y casinos	L/m ² área útil/día	20-40	40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80-120	100
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10-15	12
Universidades	L/estudiante/día	40-60	40
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	L/s/Ha	1-2	2

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

Para la determinación del consumo diario en espacios no contemplados en las tablas, deberán determinarse tomando en cuenta la función del uso eficiente y conservación del agua. La dotación de agua para consumo industrial deberá calcularse de acuerdo con el tipo de industria y sus procesos productivos.

Para el dimensionamiento, se añade dos columnas más denominadas: cantidad y total en litros por día, en base a la magnitud del proyecto, este dimensionamiento servirá para cisternas y tanques elevados.

Tabla 113. *Tabla cálculo de dotación.*

Tipo de edificación	Cantidad	Unidad	Dotación	Dotación considerada	Total Litros/día
Bloques de viviendas	0	L/habitante/día	200 - 350	250	0
Bares, cafeterías y restaurantes	0	L/m ² área útil/día	40-60	40	0
Camales y planta de faenamiento	0	L/cabeza	150-300	200	0
Cementerios y mausoleos	0	L/visitante/día	3-5	5	0

Centro comercial	0	L/m ² área útil/día	15-25	20	0
Cines, templos y auditorios	0	L/concurrente/día	5-10	5	0
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	0	L/ocupante /día	500-1000	500	0
Cuarteles	0	L/persona /día	150-350	275	0
Escuelas y Colegios	0	L/estudiante/día	20-50	20	0
Hospitales	0	L/cama/día	800-1300	1000	0
Hoteles hasta 3 estrellas	0	L/ocupante /día	150-400	250	0
Hoteles de 4 estrellas en adelante	0	L/ocupante /día	350-800	600	0
Internados, hogar de ancianos y niños	0	L/ocupante /día	200-300	300	0
Jardines y ornamentación con recirculación	0	L/m ² /día	2-8	8	0
Lavanderías y tintorerías	0	L/kg de ropa/día	30-50	50	0
Mercados	0	L/puesto /día	100-500	500	0
Oficinas	0	L/persona/día	50-90	60	0
Piscinas	0	L/m ² área útil/día	15-30	20	0
Prisiones	0	L/persona/día	350-600	500	0
Salas de fiesta y casinos	0	L/m ² área útil/día	20-40	40	0
Servicios sanitarios públicos	0	L/mueble sanitario/día	300	300	0
Talleres, industrias y agencias	0	L/trabajador/jornada	80-120	100	0
Terminales de autobuses	0	L/pasajero/día	10-15	12	0
Universidades	0	L/estudiante/día	40-60	40	0
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	0	L/s/Ha	1-2	2	0

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.3. Acometida.

- Cálculo del diámetro de la acometida de agua potable.

Para ese cálculo deberán cumplir con los siguientes parámetros:

- *Velocidad óptima:* 1.5 m/s.
- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.
- *Velocidad máxima:* 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- *Tiempo recomendado de llenado para almacenamiento:* entre 8 y 12 horas.

Entonces como:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: Caudal. [m³/s]

V: Velocidad del flujo. [m/s]

A: Área de la tubería. [m²]

Finalmente se elegirá el diámetro de la tubería procurando obtener una velocidad óptima, respetando los límites de velocidad.

3.5.6.4. Tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución.

- *Tubería de ingreso o alimentación.*

La tubería de ingreso estará ubicada a una distancia igual o superior a 2.5 cm desde la generatriz superior de la tubería de rebose.

Deberá contar con válvula tipo flotador mecánico que controle el nivel del agua, fijada en la tubería y/o pared del tanque, tal que el cierre o parada de los equipos de bombeo se produzca cuando el nivel de agua este a 2.5 cm bajo de la generatriz inferior de la tubería de rebose (Castillo Anselmi, 2014).

- *Tubería de distribución.*

Toda tubería de salida o distribución deberá instalarse a una distancia mínima de 5 cm, medida entre la generatriz inferior de la tubería y el fondo o losa inferior del tanque.

La tubería deberá estar provista de una rejilla de protección contra el ingreso de objetos extraños.

Además, deberá contar al menos con una válvula de control para las labores de mantenimiento. En caso de preverse un distribuidor múltiple se deberán instalar válvulas de control para las diferentes columnas o montantes de agua.

- Tubería de respiradero.

Todo tanque de almacenamiento deberá contar con una altura de aire libre mínima de 20 cm, medida desde la generatriz superior de la tubería de rebose; en caso de que el personal deba ingresar al tanque esta distancia también servirá como seguridad.

DETALLE RESPIRADEERO

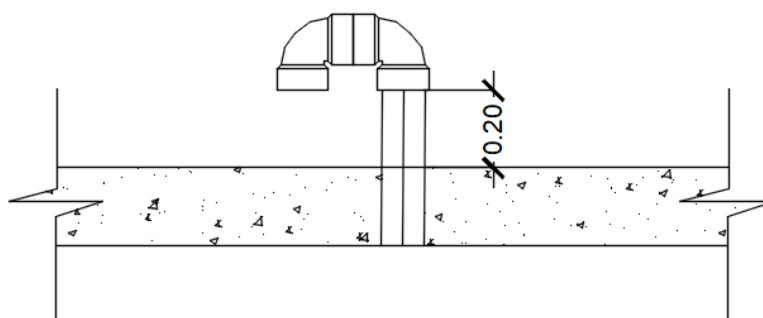


Ilustración 35. Detalle de tubería de respiradero.

Fuente: Autoría propia.

Todo tanque contará con una tubería de ventilación ubicada en su parte superior o cubierta, con un diámetro mínimo de 4 pulgadas y protegida por una rejilla que evite el ingreso de objetos y animales extraños.

- Accesos para limpieza e inspección.

Todo tanque contará con una ventana de inspección, situado en su cubierta próximo a la tubería de ingreso, cuyas dimensiones mínimas serán de 60 cm x 60 cm y deberá estar provista de una tapa sanitaria hermética e impermeable (metálica o de

hormigón) o plato vórtice para la succión; tal que por ahí permita el ingreso del personal de limpieza y mantenimiento.

El acceso deberá estar protegido del ingreso de agua lluvias u objetos extraños mediante un bordillo de altura mínima de 5 cm.

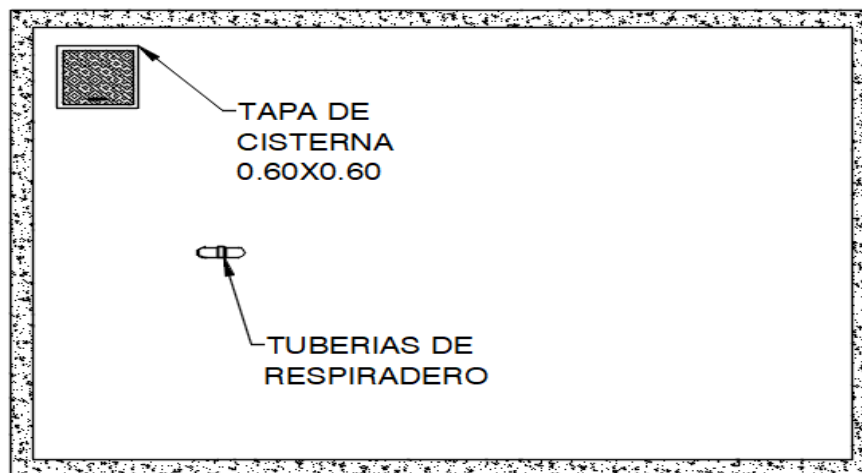


Ilustración 36. Vista en planta de la cisterna.

Fuente: Autoría propia.

3.5.7. Cantidad mínima de aparatos sanitarios.

Según el tipo de ocupación y el número de ocupantes se puede determinar el número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos en el espacio analizado, esto con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 114. Número mínimo de aparatos hidrosanitarios requeridos.

Clasificación	Ocupación	Inodoro		Lavamanos		Duchas/ Tinas	Bebederos	Otros
		<i>M</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>F</i>			
<i>Lugares de reunión</i>	Teatros y otras edificaciones para la representación de artes y exhibición de películas de cine ^d	1 cada 125	1 cada 65	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Clubes nocturnos, bares, tabernas, salones de baile y edificaciones destinados a propósitos similares ^d	1 cada 40	1 cada 40	1 cada 75		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Restaurantes, salones de banquetes y patios de comida ^d	1 cada 75	1 cada 75	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio
	Áreas de juego	<i>Primeros</i> 400: 1 cada 100.	<i>Primeros</i> 400: 1 cada 50.	<i>Primeros</i> 750: 1 cada 250.		-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio
		<i>Después de los primeros</i> 400: 1 cada 250.	<i>Después de los primeros</i> 400: 1 cada 150.	<i>Después de los primeros</i> 750: 1 cada 500.				
	Auditorios sin asientos permanentes, galerías de arte,	1 cada 125	1 cada 65	1 cada 200		-	1 cada 500	1 lavabo de servicio

salones de exposición, museos, salones de conferencias, bibliotecas, centros comerciales y gimnasios ^d							
Terminales de pasajeros e instalaciones y servicios de transportes ^d	1 cada 500	1 cada 500	1 cada 750	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio	
Lugares de culto y otros servicios religiosos ^d	1 cada 150	1 cada 75	1 cada 200	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio	
Coliseos, arenas, pistas de patinaje, piscinas y canchas de tenis para actividades y eventos deportivos bajo techo.	<i>Primeros 1500:</i> 1 cada 75. <i>Después de los primeros 1500:</i> 1 cada 120.	<i>Primeros 1520:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 1520:</i> 1 cada 60.	1 cada 200	1 cada 150	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio
Estadios, parques de atracciones, graderías y tribunas para actividades y eventos deportivos al aire libre	<i>Primeros 1500:</i> 1 cada 75. <i>Después de los primeros 1500:</i> 1 cada 120.	<i>Primeros 1520:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 1520:</i> 1 cada 60.	1 cada 200	1 cada 150	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio

Negocios	Edificaciones para la transacción de negocios, servicios profesionales y otros servicios incluyendo comercio, edificaciones de oficinas, bancos, industria liviana y usos similares	<i>Primeros 50:</i> 1 cada 25. <i>Después de los primeros 50:</i> 1 cada 50.	<i>Primeros 80:</i> 1 cada 40. <i>Después de los primeros 80:</i> 1 cada 80.	-	1 cada 100	1 lavabo de servicio ^e
Educacional	Instalaciones educativas	1 cada 50	1 cada 50	-	1 cada 100	1 lavabo de servicio
Fábrica e industria	Estructuras en las cuales sus ocupantes están asignados en trabajos de fabricación, montaje o procesamiento de productos o materiales	1 cada 100	1 cada 100	-	1 cada 400	1 lavabo de servicio
Institucional	Atención residencial	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Hospitales y residencia de ancianos	1 cada habitación ^c	1 cada habitación ^c	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio por piso

	Empleados de hospitales y residencias de ancianos ^b	1 cada 25	1 cada 35	-	1 cada 100	-
	Visitantes en hospitales y residencias de ancianos	1 cada 75	1 cada 100	-	1 cada 500	-
	Prisiones ^b	1 cada celda	1 cada celda	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Reformatorios, centros de detención y centros penitenciarios	1 cada 15	1 cada 15	1 cada 15	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Empleados de reformatorios, centros de detención y centros penitenciarios ^b	1 cada 25	1 cada 35	-	1 cada 100	-
	Cuidado diurno de adultos y cuidado de niños (guardería)	1 cada 15	1 cada 15	1	1 cada 100	1 lavabo de servicio
<i>Mercantil</i>	Tiendas de venta al por menor, estaciones de servicio, tiendas, salones de venta, mercados y centros comerciales	1 cada 500	1 cada 750	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio ^e

	Hoteles, moteles, pensiones (transitorios)	1 cada habitación	1 cada habitación	1 cada habitación	-	1 lavabo de servicio
	Residencia para estudiantes, asociaciones estudiantiles y pensiones (no transitorias)	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
<i>Residencial</i>	Edificio de departamentos	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	-	1 lavaplatos por unidad habitacional; 1 conexión para lavadora automática cada 20 unidades habitacionales
	Instalaciones de vivienda colectiva con 16 o menos personas	1 cada 10	1 cada 10	1 cada 8	1 cada 100	1 lavabo de servicio
	Viviendas unifamiliares y bifamiliares, y casas de hospedaje con cinco o menos habitaciones	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	1 por unidad habitacional	-	1 lavaplatos por unidad habitacional; 1 conexión para lavadora automática cada unidad habitacional
<i>Almacenamiento</i>	Estructuras para el almacenamiento de productos, almacenes, bodegas y depósitos de	1 cada 100	1 cada 100	-	1 cada 1000	1 lavabo de servicio

contenedores.

Peligro bajo y moderado.

^a Los aparatos indicados se basan en que un accesorio es el mínimo requerido para el número de personas indicadas o cualquier fracción del número de personas indicadas.

^b Las instalaciones sanitarias para los empleados estarán separadas de las instalaciones para los reclusos o pacientes.

^c Se permitirá un cuarto de aseo para un solo ocupante, con un inodoro y un lavabo, que sirva a no más de dos unidades de alojamiento de pacientes adyacentes, siempre que cada unidad de alojamiento de pacientes tenga acceso directo a la sala de aseo y se prevea la privacidad del usuario de la sala de aseo.

^d Al determinar el número mínimo de instalaciones necesarias, se incluirá la carga de ocupantes de las zonas de descanso y entretenimiento.

^e Para las clasificaciones comerciales y mercantiles con un número de ocupantes igual o inferior a 15, no se exigirán fregaderos de servicio.

M: Masculino.

F: Femenino.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.8. Caudal máximo posible.

Es el caudal que se presenta en caso de que se activen al mismo tiempo todos los aparatos sanitarios de la red, por su particularidad es improbable que se presente por lo que en el diseño no se tendrá en cuenta este caudal.

3.5.9. Caudal máximo probable. (Q.M.P)

Es aquel que tiene mayor probabilidad de presentarse en la red de suministro, por este motivo es el caudal que se utiliza para diseño de la red hidrosanitaria.

3.5.9.1. Método de la norma francesa.

Para realizar el cálculo del caudal máximo probable es necesario determinar los caudales instantáneos mínimos.

Tabla 115. Caudal mínimo según la norma francesa.

Aparatos sanitarios	Q _{mín.} ^a (L/s)		Diámetros internos mínimos de las tuberías de suministro ^b (mm)
	Agua fría o agua tibia	Agua caliente	
Fregadero	0.20	0.20	12
Lavabo	0.20	0.20	10
Lavabo colectivo	0.05	0.05	Según el número de grifos
Bidet	0.20	0.20	10
Tina	0.33	0.33	13
Ducha	0.20	0.20	12
Llave de agua 1/2	0.33		12
Llave de agua 3/4	0.42		13
Inodoro con depósito	0.12		10
Inodoro con válvula de descarga	1.50		Mínimo el diámetro del grifo
Urinario con grifo individual	0.15		10
Urinario con fluxor	0.50		Mínimo el diámetro del grifo
Lavamanos	0.10		10
Lavadero	0.33		13
Lavadora	0.20		10
Lavavajilla	0.10		10
Máquina industrial u otro aparato	Conforme con las instrucciones del fabricante.		

^a Cuando la producción de agua caliente es individual, estos caudales se utilizan como base para calcular los diámetros de las tuberías de agua fría para uso colectivo y

las tuberías internas hasta el ramal de suministro del dispositivo de producción de agua caliente.

^b Estos diámetros tienen en cuenta las condiciones de uso de los distintos aparatos sanitarios.

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

Una vez definidos los caudales mínimos instantáneos se procede a realizar la sumatoria de los mismos para posteriormente ser multiplicados por un coeficiente simultaneidad denominado K_s obteniendo así el caudal máximo probable, dando como resultado la siguiente expresión:

$$Q_{MP} = K_s * \sum Q_{min}$$

Donde:

Q_{MP} : Caudal máximo probable. [L/s]

K_s : Coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados.

Q_{min} : Caudal mínimo instantáneo. [L/s]

- Coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados
 K_s .

$$K_s = \frac{0.8}{\sqrt{(n - 1)}}$$

$$K_s \leq 1$$

Donde:

n : Número de aparatos sanitarios instalados.

Para la mayoría de los ambientes el coeficiente de simultaneidad debe ser multiplicado por un factor de 1.25, por lo cual la fórmula para obtener el coeficiente de simultaneidad puede resumirse en la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{(n - 1)}}$$

La fórmula es válida para un número de aparatos sanitarios mayor a 5, y sigue siendo válida para un número de aparatos sanitarios superior a 150.

Tabla 116. *Coeficiente para menos de 5 aparatos sanitarios según la norma francesa.*

Aparatos sanitarios	Coeficientes	
Inodoro, lavamanos, urinario, desagüe	0.5	
Bidet, inodoro de uso colectivo, lavadora, lavavajilla	1	
Lavabo	1.5	
Ducha, estación de agua	2	
Fregadero	2.5	
Tina	≤ 150 L	3
	> 150 L	3 + 0.1 por cada 10 litros adicionales

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

A cada aparato individual se le asigna un coeficiente según la tabla anteriormente mostrada, la suma de los coeficientes permite determinar con el gráfico, mostrado a continuación, el diámetro mínimo de suministro del grupo de aparatos, a partir de dos aparatos sanitarios.

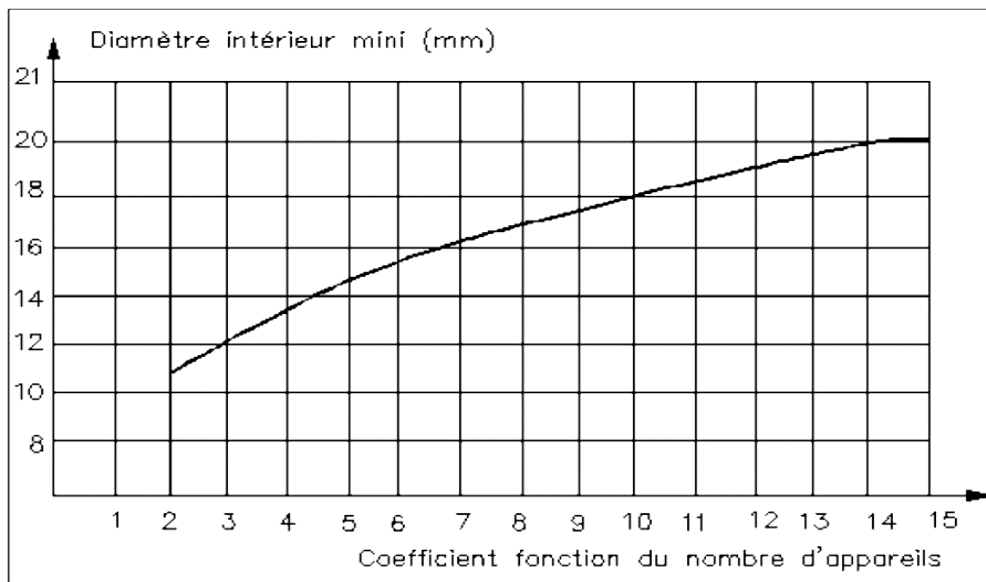


Ilustración 37. Coeficiente en función del número de aparatos.

Fuente: (Centre scientifique et technique du bâtiment, 2007).

El gráfico muestra en el eje de las abscisas el coeficiente en función del número de aparatos sanitarios y el eje de las ordenadas muestra el diámetro interior mínimo en milímetros. Cabe mencionar que es recomendable utilizar este gráfico cuando el total de coeficientes es inferior a 15, caso contrario se utiliza el proceso para aparatos colectivos.

- Coeficiente de simultaneidad para espacios similares K_{ss} .

$$K_{ss} = \frac{(N + 19)}{10 * (N + 1)}$$

Donde:

K_{ss} : Coeficiente de simultaneidad para espacios similares.

N : Número de espacios con características similares, que son abastecidos de un mismo ramal.

El cálculo del caudal máximo probable se resume en la siguiente fórmula:

$$Q_{MP} = K_s * K_{ss} * \sum Q_{min}$$

**3.5.9.2. Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones
Hidráulicas y Sanitarias.**

A continuación, se muestran las tablas para el cálculo de valores de carga asignados a los diferentes aparatos sanitarios, así como para la estimación de la demanda.

Tabla 117. Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios^a.

Aparato sanitario	Uso	Tipo de control de suministro	Valores de carga, en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.)		
			Fría	Caliente	Total
Grupo sanitario	Privado	Tanque de descarga	2.7	1.5	3.6
		Válvula de fluxómetro	6.0	3.0	8.0
Tina	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
	Público	Llave	3.0	3.0	4.0
Bidé	Privado	Llave	1.5	1.5	2.0
Combinación de accesorios	Privado	Llave	2.25	2.25	3.0
Lavavajillas	Privado	Automático	-	1.4	1.4
Bebedores	Oficinas, etc.	Válvula 3/8"	0.25	-	0.25
Lavaplatos	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
Lavaplatos	Hotel, restaurante	Llave	3.0	3.0	4.0
Bandeja para el lavado de ropa (1 a 3 compartimientos)	Privado	Llave	1.0	1.0	1.4
Lavamanos	Privado	Llave	0.5	0.5	0.7
Lavamanos	Público	Llave	1.5	1.5	2.0
Lavabo de servicio	Oficinas, etc.	Llave	2.25	2.25	3.0

Ducha	Público	Válvula mezcladora	3.0	3.0	4.0
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	1.0	1.0	1.4
Urinario	Público	Válvula de fluxómetro 1"	10.0	-	10.0
Urinario	Público	Válvula de fluxómetro 3/4"	5.0	-	5.0
Urinario	Público	Tanque de descarga	3.0	-	3.0
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Privado	Automático	1.0	1.0	1.4
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Público	Automático	2.25	2.25	3.0
Lavadoras automáticas para ropa (15 lb)	Público	Automático	3.0	3.0	4.0
Inodoro	Privado	Válvula de fluxómetro	6.0	-	6.0
Inodoro	Privado	Tanque de descarga	2.2	-	2.2
Inodoro	Público	Válvula de fluxómetro	10.0	-	10.0
Inodoro	Público	Tanque de descarga	5.0	-	5.0
Inodoro	Público o privado	Tanque de fluxómetro	2.0	-	2.0

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 libra = 0.454 kg.

Grupo sanitario: Grupo de artefactos que conformado por un inodoro, lavamanos, tina o ducha incluyendo o no un bidé, un desagüe de piso de emergencia o

ambos; dichos artefactos están ubicados juntos en el mismo nivel de piso (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

^a Para aparatos no incluidos en la lista, se debe asumir la carga comparando el aparato con uno de la lista cuyo gasto de agua tenga similares características. Las cargas asignadas para aparatos de agua caliente y fría se dan por separado, para el agua fría, caliente y el total. La carga separada para agua caliente y fría es de tres cuartos de la carga total para el aparato en cada caso.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 118. *Tabla para estimación de demanda.*

Sistema de suministro principalmente para tanques de descarga			Sistema de suministro principalmente para fluxómetros		
<i>Carga</i>	<i>Demanda</i>		<i>Carga</i>	<i>Demanda</i>	
<i>Unidad de aparato de suministro de agua</i>	<i>L/s (Galones por minuto)</i>	<i>Metro cúbico por minuto (Pies cúbicos por minuto)</i>	<i>Unidad de aparato de suministro de agua</i>	<i>L/s (Galones por minuto)</i>	<i>Metro cúbico por minuto (Pies cúbicos por minuto)</i>
1	0.19 (3.0)	0.0012 (0.0410)	-	-	-
2	0.32 (5.0)	0.0019 (0.0684)	-	-	-
3	0.41 (6.5)	0.0246 (0.8689)	-	-	-
4	0.50 (8.0)	0.0303 (1.0694)	-	-	-
5	0.59 (9.4)	0.0356 (1.2566)	5	0.95 (15.0)	0.0568 (2.0052)
6	0.68 (10.7)	0.0405 (1.4304)	6	1.10 (17.4)	0.0659 (2.3260)

7	0.74 (11.8)	0.0447 (1.5774)	7	1.25 (19.8)	0.0749 (2.6464)
8	0.81 (12.8)	0.0485 (1.7111)	8	1.40 (22.2)	0.0840 (2.9677)
9	0.86 (13.7)	0.0519 (1.8314)	9	1.55 (24.6)	0.0931 (3.2885)
10	0.92 (14.6)	0.0553 (1.9517)	10	1.70 (27.0)	0.1022 (3.6094)
11	0.97 (15.4)	0.0583 (2.0587)	11	1.75 (27.8)	0.1052 (3.7163)
12	1.01 (16.0)	0.0606 (2.1389)	12	1.80 (28.6)	0.1083 (3.8232)
13	1.04 (16.5)	0.0625 (2.2057)	13	1.85 (29.4)	0.1113 (3.9302)
14	1.07 (17.0)	0.0644 (2.2726)	14	1.91 (30.2)	0.1143 (4.0371)
15	1.10 (17.5)	0.0662 (2.3394)	15	1.96 (31.0)	0.1173 (4.1441)
16	1.14 (18.0)	0.0681 (2.4062)	16	2.01 (31.8)	0.1201 (4.2410)
17	1.16 (18.4)	0.0697 (2.4597)	17	2.06 (32.6)	0.1234 (4.3580)
18	1.19 (18.8)	0.0712 (2.5132)	18	2.11 (33.4)	0.1264 (4.4649)
19	1.21 (19.2)	0.0727 (2.5667)	19	2.16 (34.2)	0.1295 (4.5719)
20	1.24 (19.6)	0.0742 (2.6201)	20	2.21 (35.0)	0.1325 (4.6788)
25	1.36 (21.5)	0.0814 (2.8741)	25	2.40 (38.0)	0.1438 (5.0798)
30	1.47 (23.3)	0.0882 (3.1147)	30	2.65 (42.0)	0.1590 (5.6136)
35	1.57 (24.9)	0.0943 (3.3286)	35	2.78 (44.0)	0.1666 (5.8819)
40	1.66 (26.3)	0.0996 (3.5158)	40	2.90 (46.0)	0.1741 (6.1493)

45	1.75 (27.7)	0.1049 (3.7029)	45	3.03 (48.0)	0.1817 (6.4166)
50	1.84 (29.1)	0.1102 (3.8901)	50	3.15 (50.0)	0.1893 (6.6840)
60	2.02 (32.0)	0.1211 (4.2778)	60	3.41 (54.0)	0.2044 (7.2187)
70	2.21 (35.0)	0.1325 (4.6788)	70	3.66 (58.0)	0.2196 (7.7534)
80	2.40 (38.0)	0.1438 (5.0798)	80	3.86 (61.2)	0.2317 (8.1812)
90	2.59 (41.0)	0.1552 (5.4809)	90	4.06 (64.3)	0.2434 (8.5956)
100	2.74 (43.5)	0.1647 (5.8151)	100	4.26 (67.5)	0.2555 (9.0234)
120	3.03 (48.0)	0.1817 (6.4166)	120	4.61 (73.0)	0.2763 (9.7586)
140	3.31 (52.5)	0.1987 (7.0182)	140	4.86 (77.0)	0.2915 (10.2934)
160	3.60 (57.0)	0.2158 (7.6198)	160	5.11 (81.0)	0.3066 (10.8281)
180	2.85 (61.0)	0.2309 (8.1545)	180	5.39 (85.5)	0.3237 (11.4296)
200	4.10 (65.0)	0.2461 (8.6892)	200	5.68 (90.0)	0.3407 (12.0312)
225	4.42 (70.0)	0.2650 (9.3576)	225	6.03 (95.5)	0.3615 (12.7664)
250	4.73 (75.0)	0.2839 (10.0260)	250	6.37 (101.0)	0.3823 (13.5017)
275	5.05 (80.0)	0.3028 (10.6944)	275	6.59 (104.5)	0.3956 (13.9696)
300	5.36 (85.0)	0.3218 (11.3628)	300	6.81 (108.0)	0.4088 (14.4374)
400	6.62 (105.0)	0.3975 (14.0364)	400	8.01 (127.0)	0.4807 (16.9774)
500	7.82 (124.0)	0.4694 (16.5763)	500	9.02 (143.0)	0.5413 (19.1162)

750	10.73 (170.0)	0.6435 (22.7256)	750	11.17 (177.0)	0.6700 (23.6614)
1000	13.12 (208.0)	0.7874 (27.8054)	1000	13.12 (208.0)	0.7874 (27.8054)
1250	15.08 (239.0)	0.9047 (31.9495)	1250	15.08 (239.0)	0.9047 (31.9495)
1500	16.97 (269.0)	1.0183 (35.9599)	1500	16.97 (269.0)	1.0183 (35.9599)
1750	18.74 (297.0)	1.1243 (39.7030)	1750	18.74 (297.0)	1.1243 (39.7030)
2000	20.50 (325.0)	1.2303 (43.4460)	2000	20.50 (325.0)	1.2303 (43.4460)
2500	23.97 (380.0)	1.4384 (50.7984)	2500	23.97 (380.0)	1.4384 (50.7984)
3000	27.32 (433.0)	1.6391 (57.8834)	3000	27.32 (433.0)	1.6391 (57.8834)
4000	33.75 (535.0)	1.9873 (70.1820)	4000	33.12 (525.0)	1.9873 (70.1820)
5000	37.41 (593.0)	2.2447 (79.2722)	5000	37.41 (593.0)	2.2447 (79.2722)

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 gpm = 0.06309 L/s.

1 pie cúbico por minuto= 0.02832 m³ por minuto.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.9.3. Método adecuado para la estimación del caudal máximo probable.

Los parámetros de selección de método varían de acuerdo con las condiciones climáticas de cada región, así como las costumbres de cada población, el tipo de edificación que se va a analizar, así como su tipo de uso público o privado. El método que utilice el diseñador dependerá del criterio según las condiciones de su región.

3.5.10. Diámetro mínimo de tuberías.

La tubería para el abastecimiento de agua en una edificación debe ser dimensionada para suministrar agua en la cantidad y presión requerida, pero es importante

considerar que la dimensión mínima de la tubería para cada aparato sanitario, cuyos valores se muestran en la tabla a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 119. *Diámetros mínimos para tuberías de suministro de agua a los aparatos hidrosanitarios.*

Aparato	Diámetro mínimo de la tubería
	mm (pulgada)
Tinas ^a 1 524 mm x 813 mm (60 pulgadas x 32 pulgadas) y más pequeñas	12.7 (1/2)
Tinas ^a más grandes de 1 524 mm x 813 mm (60 pulgadas x 32 pulgadas)	12.7 (1/2)
Bidé	12.7 (1/2)
Combinación inodoro y lavamanos	12.7 (1/2)
Lavavajillas, doméstico ^a	12.7 (1/2)
Bebedero	12.7 (1/2)
Grifo de manguera, llave de manguera	12.7 (1/2)
Lavaplatos ^a	12.7 (1/2)
Lavadero de 1, 2 o 3 compartimientos ^a	12.7 (1/2)
Lavamanos	12.7 (1/2)
Ducha, cabezal simple ^a	12.7 (1/2)
Lavatorio, con rebose (borde de baldeo)	19.1 (3/4)
Lavabo de servicio	12.7 (1/2)
Urinario, tanque de descarga	12.7 (1/2)
Urinario, de fluxómetro	19.1 (3/4)
Hidrante de pared	12.7 (1/2)
Inodoro, tanque de descarga	12.7 (1/2)
Inodoro, válvula de fluxómetro	25.4 (1)
Inodoro, tanque fluxómetro	12.7 (1/2)

Inodoro, una pieza ^a

12.7 (1/2)

Factores de conversión:

1 pulgada = 25.4 mm.

1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.

^a “Cuando la longitud de desarrollo de la tubería de distribución es 18.3 m (60 pies) o menos, y la presión disponible en el medidor es de un mínimo de 24.6 m.c.a. (35 psi), la dimensión mínima de una tubería de distribución individual suministrada desde un tubo distribuidor e instalada como parte de un sistema de distribución paralela de agua debe ser de un tamaño nominal menor que las dimensiones indicadas” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Los aparatos sanitarios que no se enliste en la tabla tendrán un diámetro mínimo de 12.7 mm (½ pulgada), a menos que el fabricante indique alguna otra medida (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.11. Requisitos de diseño.

3.5.11.1. Presión.

Las dimensiones de la tubería deben ser seleccionadas de manera que, bajo las condiciones de demanda máxima, las capacidades de suministro de los artefactos de salida de la tubería no deben ser menores que aquellas mostradas en la tabla mostrada a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

En ninguna circunstancia la presión deberá ser menor a 2 m.c.a., especialmente para los aparatos más desfavorables.

Tabla 120. *Capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro de los aparatos hidrosanitarios.*

Tipos de aparatos hidrosanitario	Caudal ^a L/s (gpm)	Presión de flujo m.c.a. (psi)
---	--	--

Bañera, válvula mezcladora de presión balanceada, termostática, o de combinación de presión balanceada/termostática	0.25 (4)	14.1 (20)
Bidé, válvula de mezclado termostática	0.13 (2)	14.1 (20)
Combinación de accesorios	0.25 (4)	5.6 (8)
Lavavajillas doméstico	0.17 (2.75)	5.6 (8)
Bebedero	0.05 (0.75)	5.6 (8)
Lavadero	0.25 (4)	5.6 (8)
Lavamanos, privado	0.05 (0.8)	5.6 (8)
Lavamanos, privado, válvula mezcladora	0.05 (0.8)	5.6 (8)
Lavamanos, público	0.03 (0.4)	5.6 (8)
Ducha	0.16 (2.5)	5.6 (8)
Ducha, con válvula mezcladora de presión balanceada, termostática, o combinada de presión balanceada/termostática	0.16 ^b (2.5 ^b)	14.1 (20)
Grifo de manguera, llave de manguera	0.32 (5)	5.6 (8)
Fregadero residencial	0.11 (1.75)	5.6 (8)
Fregadero de servicio	0.19 (3)	5.6 (8)
Urinario de válvula	0.76 (12)	17.6 (25)
Inodoro de arrastre con válvula de fluxómetro	1.58 (25)	31.6 (45)
Inodoro, tanque de fluxómetro	0.10 (1.6)	14.1 (20)
Inodoro, sifónico, válvula de fluxómetro	1.58 (25)	24.6 (35)
Inodoro, tanque, cierre acoplado	0.19 (3)	14.1 (20)

Inodoro, tanque, una pieza	0.38 (6)	14.1 (20)
<i>Factores de conversión:</i>		
1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.		
1 L/s = 15.85 galón/min.		
^a Para requisitos adicionales de caudales y presión, véase la tabla de consumos y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.		
^b Cuando el fabricante de la válvula mezcladora de la ducha indique un caudal inferior para la válvula mezcladora, se aplicará el valor más bajo.		

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

El caudal mínimo y la presión de flujo provista a los artefactos y muebles no listados en la tabla deben estar de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Las máximas presiones y caudales de consumo de agua para todos los artefactos sanitarios y accesorios de artefactos sanitarios deben cumplir con la tabla mostrada a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Excepciones:

- “Inodoros diseñados con escape repentino de aire con un consumo máximo de agua de 13 litros (3 1/2 galones) por ciclo de limpieza” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Rociadores de vegetales” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Lavatorios clínicos con un consumo máximo de agua de 17 litros (4 1/2 galones) por ciclo de limpieza” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Fregaderos de servicio” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- “Duchas de emergencia” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 121. *Presiones y caudales máximos para aparatos y accesorios hidrosanitarios.*

Aparatos hidrosanitarios o accesorios para los aparatos	Presiones y caudales máximos
Lavamanos privado	0.14 L/s (2.2 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Lavamanos público (con cierre automático)	0.9 Lpd (0.25 galones) por ciclo de descarga
Lavamanos público (otro que no sea con cierre automático)	0.03 L/s (0.5 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Ducha ^a	0.16 L/s (2.5 gpm) a 56.2 m.c.a. (80 psi)
Llave de fregadero	0.14 L/s (2.2 gpm) a 42.2 m.c.a. (60 psi)
Urinarios	3.8 Lpd (1.0 galones) por ciclo de descarga
Inodoros	6.0 Lpd (1.6 galones) por ciclo de descarga

Factores de conversión:

1 L = 0.26 galón, 1 L/s = 15.85 galón/min.

1 m.c.a. = 1.422 libra por pulgada cuadrada.

Lpd: Litros por descarga.

^a Una ducha de mano es una ducha.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Toda tubería hidráulica de servicio instalada bajo tierra y afuera de la estructura, debe tener una clasificación de presión de trabajo mínima de 112.5 m.c.a. (160 psi) a 23 °C (73.4 °F). Donde la presión del agua exceda los 112.5 m.c.a. (160 psi), el material de la tubería debe tener una presión nominal mínima de trabajo igual a la presión disponible más alta (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.11.1.1. Aparatos de reducción de presión.

- *Cámaras de aire.*

Para disminuir las posibles sobrepresiones por golpes de ariete causados por el cierre rápido de las llaves de control y alimentación de los accesorios, se recomienda la instalación de cámaras de aire, las cuales consisten en extensiones verticales con finales ciegos de la tubería de alimentación de lavatorios, fregaderos, duchas y tinas. Estas extensiones deberán tener por lo menos un diámetro igual al de la tubería de alimentación y una longitud de 60 cm (Morales, y otros, 2010).

- Válvula o regulador para reducir la presión del agua.

Donde la presión estática dentro de la edificación exceda los 56.2 m.c.a. (80 psi), debe ser instalada una válvula reductora de presión, para reducir la presión estática del sistema de distribución de la edificación a 56.2 m.c.a. (80 psi), o menos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.11.2. Velocidad del flujo.

Los límites óptimos de la velocidad de circulación del flujo, para el adecuado funcionamiento de las tuberías son:

- *Velocidad máxima:* 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.

La velocidad del flujo del sistema de distribución de agua debe ser controlada para reducir la posibilidad de un golpe de ariete, por lo cual es recomendable instalar un reductor de golpe de ariete donde sean utilizadas válvulas de cierre rápido (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Su cálculo sería a través de la fórmula:

$$V = \frac{QMP}{\left(\frac{\pi * D^2 * 0.001}{4}\right)}$$

Donde:

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

QMP : Caudal máximo probable. [m³/s]

D : Diámetro interno de la tubería. [mm]

3.5.12. Cálculo de pérdidas de carga.

Las tuberías de la red de distribución de agua deben ser dimensionadas limitando las pérdidas de energía, de tal manera que la salida más alta y remota pueda tener la presión mínima requerida para una operación adecuada durante los períodos de demanda pico.

3.5.12.1. Pérdidas de carga distribuidas.

3.5.12.1.1. Flamant.

Para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías con diámetros menores a 50 mm, se utilizará el método de Flamant:

$$h_f = \frac{m * L * V^{1.75}}{D^{1.25}}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

m : Coeficiente de Flamant.

L : Longitud de la tubería. [m]

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

D : Diámetro interior de la tubería. [m]

El valor del coeficiente de Flamant, m , depende del material de la tubería utilizada, dichos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 122. *Coeficiente de Flamant.*

Material de la tubería	m
------------------------	-----

Plástico (PVC)	0.00056
Acero galvanizado nuevo	0.00070
Acero galvanizado de varios años de uso	0.00092
Cobre nuevo	0.00057

Fuente: Elaboración propia.

3.5.12.1.2. Hazen-Williams.

Fórmula utilizada para diámetros de dos pulgadas (2") en adelante.

$$h_f = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

Q : Caudal. [m³/s]

C : Coeficiente de fricción.

L : Longitud de la tubería. [m]

D : Diámetro interior de la tubería. [m]

Tabla 123. *Coeficiente de fricción, método Hazen-Williams.*

Material de la tubería	C
Hierro galvanizado	125
Acero soldado nuevo	120
Acero soldado viejo	90
Acero soldado con revestimiento	130
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo sin incrustaciones	110
Hierro fundido viejo con incrustaciones	90

Plástico PVC ($D \leq 38\text{mm}$)	140
Plástico PVC ($D > 38\text{mm}$)	150
Cobre y latón	135
Concreto acabado liso	130
Concreto acabado común	120

Fuente:Elaboración propia.

3.5.12.1.3. Darcy – Weisbach.

El cálculo mediante este método se aplica a cualquier régimen de flujo, (laminar, en transición y turbulento), tipo de material (rugosidad) y para cualquier tipo de fluido (Número de Reynolds que es función de la viscosidad del fluido).

$$h_f = f * \frac{L * V^2}{D * 2 * g}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

f : Coeficiente de fricción.

L : Longitud de la tubería. [m]

D : Diámetro interior de la tubería. [m]

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

g : Aceleración de la gravedad. [9.81 m/s²]

- *Colebrook - White*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7 * D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

Re : Número de Reynolds.

k: Coeficiente de rugosidad de la tubería. [m]

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Donde:

ν : Viscosidad cinemática del agua. [m²/s]

Tabla 124. *Coeficiente de rugosidad (k) en tuberías.*

Material de la tubería	k
Tuberías plásticas	0.007
Cobre, Bronce	0.002
Hierro galvanizado	0.150
Hierro dúctil, revestido con cemento	0.100
Acero	0.045

Fuente: Autoría propia.

Tabla 125. *Valores de la viscosidad cinemática del agua (ν).*

Temperatura (°C)	$\nu * 10^6 \left(\frac{m^2}{s} \right)$
0	1.792
5	1.519
10	1.308
15	1.141
20	1.007
25	0.897
30	0.804
35	0.727
40	0.661
45	0.605

50	0.556
55	0.513
60	0.477
65	0.444
70	0.415
75	0.390
80	0.367
85	0.347
90	0.328
95	0.311
100	0.296

Fuente: Elaboración propia.

3.5.12.2. Pérdidas de carga localizadas.

$$L_t = L + h_f + h_L$$

Donde:

L : Longitud total de la tubería. [m]

L : Longitud de la tubería, tanto vertical como horizontal. [m]

h_f : Pérdida de carga distribuida. [m]

h_L : Pérdida menor. [m]

3.5.12.2.1. Coeficiente k .

$$h_L = k * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h_L : Pérdida menor. [m]

k : Coeficiente k .

V : Velocidad media del fluido. [m/s]

g : Aceleración de la gravedad. [9.81 m/s²]

El coeficiente k depende del tipo de accesorios, los valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 126. *Coficiente k .*

Accesorio	k
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Codo de 90° de radio corto	0.90
Codo de 90° de radio normal	0.75
Codo de 90° de radio grande	0.60
Codo de 45° de radio corto	0.45
Codo de 45° de radio normal	0.40
Codo de 45° de radio grande	0.35
Curva de 90°	0.40
Curva de 45°	0.20
Curva de 22.5°	0.10
Medidor de caudal	2.50
Reducción gradual	0.15
Reducción brusca	0.35
T con pasada directa	0.60
T con pasada lateral	1.30
T con salida lateral	1.30
T con salida bilateral	1.80
Válvula esférica (totalmente abierta)	10

Válvula de ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.50
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.20
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	0.30
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	2.10
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	17
Válvula de pie	2.50

Fuente: *Elaboración propia.*

3.5.12.2.2. Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Las pérdidas a través de válvulas y accesorios se calculan según lo indicado en las siguientes tablas:

Tabla 127. *Pérdida de presión en accesorios y válvulas expresado como longitud equivalente de tubería a m (pies).*

Diámetro nominal o estándar (pulgadas)	Accesorios				Acople	Válvulas			
	Codo estándar		"T" 90			de Bola	de Compuerta	de Mariposa	de Retención
	90 grados	45 grados	Salida lateral	Sección recta					
3/8	0.2 (0.5)	-	0.5 (1.5)	-	-	-	-	0.5 (1.5)	
1/2	0.3 (1)	0.2 (0.5)	0.6 (2)	-	-	-	-	0.6 (2)	
5/8	0.5 (1.5)	0.2 (0.5)	0.6 (2)	-	-	-	-	0.8 (2.5)	
3/4	0.6 (2)	0.2 (0.5)	0.9 (3)	-	-	-	-	0.9 (3)	
1	0.8 (2.5)	0.3 (1)	1.4 (4.5)	-	-	0.2 (0.5)	-	1.4 (4.5)	
1 1/4	0.9 (3)	0.3 (1)	1.7 (5.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	1.7 (5.5)	
1 1/2	1.2 (4)	0.5 (1.5)	2.1 (7)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	2.0 (6.5)	
2	1.7 (5.5)	0.6 (2)	2.7 (9)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	2.3 (7.5) 2.7 (9)	

2 1/2	2.1 (7)	0.8 (2.5)	3.6 (12)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)	-	0.3 (1)	3.0 (10)	3.5 (11.5)
3	2.7 (9)	1.1 (3.5)	4.5 (15)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.5 (1.5)	4.7 (15.5)	4.4 (14.5)
3 1/2	2.7 (9)	1.1 (3.5)	4.2 (14)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.6 (2)	-	3.8 (12.5)
4	3.8 (12.5)	1.5 (5)	6.4 (21)	0.3 (1)	0.3 (1)	-	0.6 (2)	4.8 (16)	5.6 (18.5)
5	4.8 (16)	1.8 (6)	8.2 (27)	0.5 (1.5)	0.5 (1.5)	-	0.9 (3)	3.5 (11.5)	7.1 (23.5)
6	5.8 (19)	2.1 (7)	10.3 (34)	0.6 (2)	0.6 (2)	-	1.1 (3.5)	4.1 (13.5)	8.0 (26.5)
8	8.8 (29)	3.3 (11)	15.2 (50)	0.9 (3)	0.9 (3)	-	1.5 (5)	3.8 (12.5)	11.8 (39)

Factores de conversión:

1 m = 3.3 pie.

1 grado = 0.01745 rad.

^a “Las tolerancias son para accesorios hidrodinámicos soldados y accesorios con rosca rebajada. Para accesorios con rosca, duplique la tolerancia mostrada en la tabla. Las longitudes equivalentes presentadas están basadas en un factor C de 150 en la fórmula de pérdida por fricción de Hazen-Williams” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2009).

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 128. Tolerancia en la longitud equivalente de la tubería para pérdidas por fricción en válvulas y accesorios con rosca *m* (pies).

Accesorio o válvula	Dimensión de tubería (pulgadas)							
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
Codo de 45 grados	0.4 (1.2)	0.5 (1.5)	0.5 (1.8)	0.7 (2.4)	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	1.8 (6.0)
Codo de 90 grados	0.6 (2.0)	0.8 (2.5)	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	2.1 (7.0)	2.4 (8.0)	3.0 (10.0)
"T", paso	0.2 (0.6)	0.2 (0.8)	0.3 (0.9)	0.4 (1.2)	0.5 (1.5)	0.6 (2.0)	0.8 (2.5)	0.9 (3.0)

"T", de ramificación	0.9 (3.0)	1.2 (4.0)	1.5 (5.0)	1.8 (6.0)	2.1 (7.0)	3.0 (10.0)	3.6 (12.0)	4.5 (15.0)
Válvula de compuerta	0.1 (0.4)	0.2 (0.5)	0.2 (0.6)	0.2 (0.8)	0.3 (1.0)	0.4 (1.3)	0.5 (1.6)	0.6 (2.0)
Válvula de balanceo	0.2 (0.8)	0.3 (1.1)	0.5 (1.5)	0.6 (1.9)	0.7 (2.2)	0.9 (3.0)	1.1 (3.7)	1.4 (4.5)
Llave tipo obturador	0.2 (0.8)	0.3 (1.1)	0.5 (1.5)	0.6 (1.9)	0.7 (2.2)	0.9 (3.0)	1.1 (3.7)	1.4 (4.5)
Válvula de retención	1.7 (5.6)	2.5 (8.4)	3.4 (11.2)	4.2 (14.0)	5.1 (16.8)	6.8 (22.4)	8.5 (28.0)	10.2 (33.6)
Válvula globo	4.5 (15.0)	6.1 (20.0)	7.6 (25.0)	10.6 (35.0)	13.6 (45.0)	16.7 (55.0)	19.87 (65.0)	24.2 (80.0)
Válvula de ángulo	2.4 (8.0)	3.6 (12.0)	4.5 (15.0)	5.5 (18.0)	6.7 (22.0)	8.5 (28.0)	10.3 (34.0)	12.1 (40.0)

Factores de conversión:

1 m = 3.3 pies.

1 grado = 0.0175 rad.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.13. Sistema de distribución de agua caliente.

El sistema de abastecimiento de agua caliente está constituido por un calentador con o sin tanque acumulador, una tubería que transporte el agua a los diferentes artefactos que la requieren y a continuación una tubería de retorno del agua caliente que devuelve al calentador el agua no utilizada. Esta tubería de retorno no es requerida en pequeñas instalaciones.

3.5.13.1. Edificaciones que requieren agua caliente.

- En edificaciones residenciales: donde el agua caliente debe ser suministrada a todos los artefactos sanitarios y equipo utilizados para bañarse, lavarse, propósitos culinarios, limpieza, lavandería o mantenimiento de la edificación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- Edificaciones destinadas a salud: hospitales, clínicas, centros de salud, etc.; el agua caliente debe ser provista para abastecer a todos los artefactos hospitalarios,

cocinas y para cumplir los requisitos de lavandería (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Edificaciones destinadas para asistencia social: asilos, orfanatos, casas hogar, etc.; el abastecimiento de agua caliente en este tipo de edificaciones sería similar a las edificaciones residenciales.
- Edificaciones destinadas para formación y rehabilitación: centros de formación religiosa, centros de formación militar, centros de formación policial, centros de rehabilitación social y demás edificaciones similares.
- Edificaciones destinadas a hospedaje: hoteles, posadas y demás edificaciones con propósitos similares.
- Edificaciones no residenciales: destinos no residenciales donde el agua caliente debe ser suministrada a artefactos sanitarios y equipo utilizados para propósitos culinarios, limpieza, lavandería o mantenimiento de la edificación, así como para bañarse y lavarse (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.13.2. Dotación de agua caliente.

Tabla 129. Dotación de agua caliente.

Tipo de edificación		Dotación	Unidad
Viviendas unifamiliares y multifamiliares	1 dormitorio	120	L/día
	2 dormitorios	250	L/día
	3 dormitorios	390	L/día
	4 dormitorios	420	L/día
	5 dormitorios	450	L/día
	Más de 5 dormitorios	80	L/día por cada dormitorio adicional
Hoteles, albergues y similares ^a	Hoteles, hostales y similares	150	L/dormitorio/día

	Albergues	100	L/m ² /día
Restaurantes ^b	Área útil hasta 40 m ²	900	L/día
	Área útil de 41 a 100 m ²	15	L/m ² /día
	Área útil de más de 100 m ²	12	L/m ² /día
Locales educacionales y residencias estudiantiles		50	L/ persona /día
Gimnasios		10	L/m ² área útil /día
Hospitales, clínicas, consultorios similares	Hospitales y clínicas con hospitalización	250	L/cama/día
	Consultorios médicos	130	L/consultorio/día
	Clínicas dentales	100	L/unidad dental/día

^a Valores de dotación no incluyen servicios como restaurantes, bares, salones de baile, peluquerías y lavanderías, cuya dotación deberá ser calculada adicionalmente.

^b En restaurantes donde se elaboren alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará una dotación complementaria de 3 litros por plato preparado con dicho fin.

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento, Dirección Nacional de Saneamiento., s.f).

3.5.13.3. Sistemas de producción de agua caliente.

Se debe considerar que los calentadores de agua y tanques de almacenaje deben ser ubicados y conectados de modo que se provea acceso para observación, mantenimiento, servicio y remplazo, sin que sea necesario inhabilitar el funcionamiento de un sistema clasificado como resistente al fuego ni remover alguna construcción permanente, otros artefactos u cualquier otra tubería o conductos que no estén conectados

al artefacto a inspeccionar, servir, reparar o remplazar (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Los calentadores que utilizan energía eléctrica pueden ser instalados en lugares abiertos o cerrados, mientras que los calentadores que utilizan combustible deben ser instalados en lugares abiertos.

Para cualquier tipo de calentador sea eléctrico o combustible se recomienda una temperatura de 40 °C a la salida de los dispositivos sanitarios para satisfacer los requerimientos humanos en los casos de aseo personal y necesidades del hogar, y a la salida del calentador 60 °C, debido a la pérdida de calor que se produce en el recorrido (Castillo Anselmi, 2014).

Mientras que, en el caso de lavanderías, lavado de trastes de cocina, usos en hospitales y clínicas o en procesos industriales, el agua podría ser requerida con una mayor temperatura; también se recomienda a fin de inhibir el crecimiento de bacterias, mantener temperaturas de 60 °C o mayores (García Sosa, 2001).

3.5.13.3.1. Calentadores instantáneos.

Se utilizarán para caudales de producción de agua caliente relativamente bajos del orden entre 3 a 16 litros por hora.

Generalmente se utilizan aparatos eléctricos, los cuales calientan el agua inmediatamente antes de ser requerida por el aparato sanitario, cuya producción de agua caliente se da por medio de una resistencia eléctrica, la cual se acoge a lo que indica la NTE INEN 1912.

También pueden ser calentadores de gas, este tipo de calentador se acoge a la NTE INEN 2187.

3.5.13.3.2. Calentadores de circulación.

Utilizado en edificaciones con un número importante de aparatos sanitarios con requerimiento de agua caliente, distancias considerables entre el equipo de producción de

agua caliente y los aparatos sanitarios, donde la salida del agua caliente en el aparato sanitario sea muy rápida (Castillo Anselmi, 2014).

Para el caso de calentadores de agua a gas se toma en cuenta la NTE INEN 2124, esta norma es aceptada tanto para calentadores de circulación como de almacenamiento.

3.5.13.3.3. Calentadores de almacenamiento.

Los calentadores con almacenamiento trabajan eficientemente para cualquier caudal de producción. Los aspectos básicos para la selección del tanque son la presión y la temperatura de trabajo, pero que la característica más importante es el material con el que están fabricados, existiendo tres tipos fundamentales (Asociación Técnica Española de Climatización, 2010):

- Acero inoxidable.
- Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.
- Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Para realizar el diseño del sistema debe seguirse los siguientes pasos:

1. Selección del tipo de calentador a utilizar teniendo en cuenta factores adicionales como costo y disponibilidad del agente de calor o combustible; espacio disponible para su ubicación, operación y mantenimiento, costo operativo y disponibilidad en el mercado (Castillo Anselmi, 2014).
2. Determinación del tamaño del equipo y volumen de almacenamiento. Considerando el tipo de edificación, la dotación de agua caliente y la cantidad de usuarios (Castillo Anselmi, 2014).
3. El volumen de almacenamiento se calculará considerando el caudal que los aparatos sanitarios que necesiten de agua caliente para su funcionamiento.
4. Determinación de las temperaturas tanto de producción como de uso, como de las necesarias para el funcionamiento del sistema de retorno (Castillo Anselmi, 2014).

5. Definición del tipo de tubería a emplear en las redes de distribución de agua caliente, así como del tipo de aislante térmico para su recubrimiento (Castillo Anselmi, 2014). Es recomendable utilizar tuberías de cobre.
6. Cálculo de la red de distribución propiamente dicha, el cual se realiza utilizando el mismo método que para el cálculo de la red de distribución de agua fría. Sin embargo, es importante mencionar que el caudal de los aparatos sanitarios cambia con respecto al del agua fría.
7. Cálculo del sistema de circulación o retorno, cuando el sistema de producción de agua caliente lo requiera, el cual tiene por objeto hacer circular el agua que se enfría debido a la pérdida de calor por conducción, convección y radiación, cuando el sistema de agua caliente se encuentra estático, es decir, cuando no hay consumo de agua caliente o es mínimo (Castillo Anselmi, 2014).

3.5.13.3.4. *Conexiones.*

Los depósitos de almacenamiento deben disponer de las siguientes conexiones (Asociación Técnica Española de Climatización, 2010):

- Entrada de agua de consumo con un deflector que la dirija hacia la parte inferior del depósito, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la estratificación del agua en su interior.
- Salida del agua caliente hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
- Vaciado en la parte inferior para la purga de lodos y para la toma de muestras para los análisis de presencia de bacterias y parásitos.
- Registro para limpieza; para capacidades inferiores a 750 litros se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual.
- Tomas para la conexión de los sistemas de producción, bien con intercambiadores exteriores de placas, o bien con serpentines interiores.
- Se requieren otras conexiones para sondas de regulación, termómetros, válvula de seguridad, recirculación de agua caliente, etc.

- Por tratarse de equipos metálicos con riesgo de corrosión, suelen incorporar la posibilidad de protecciones catódicas.
- Válvula de la tubería de agua fría.

Esta válvula debe estar ubicada sobre la tubería de agua fría cerca del equipo y sirviendo sólo al tanque de almacenamiento de agua caliente o al calentador de agua. La válvula no debe interferir o causar interrupción del suministro de agua fría al resto del sistema de agua fría.

3.5.13.3.5. *Dispositivos de seguridad.*

Debido a la agresividad de los efectos del golpe de ariete, contra el sistema, se recomienda prevenirlo mediante el uso de mecanismos amortiguadores en los puntos más cercanos a elementos que puedan provocarlos tales como las válvulas de cierre rápido o la puesta en marcha de bombas, etc.

Los sistemas de suministro de agua caliente deben estar provistos de dispositivos de seguridad para aliviar y limitar en caso de presiones peligrosas y/o temperaturas excesivas; las presiones se consideran peligrosas cuando exceden las condiciones del trabajo para los que el equipo y la tubería están diseñadas. Las temperaturas se consideran excesivas y peligrosas cuando exceden los 98.9 °C o según los rangos permitidos para cada tipo de edificación (Pérez Carmona, 2015).

- Dispositivos antisifonaje.

“Se debe proveer un medio aprobado, como un “tubo de inmersión” de agua fría con un orificio en la parte superior o una válvula de alivio al vacío instalada en la línea de suministro de agua fría por encima de la parte superior del calentador o tanque, para impedir el sifonaje de cualquier tanque o calentador de agua con tanque” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Apagado.

“Un medio para desconectar un sistema de suministro de agua caliente eléctrico de su fuente de energía debe ser provisto de acuerdo con NFPA 70. Una válvula separada

debe ser provista para cerrar el suministro de combustible a todos los otros tipos de sistemas de suministro de agua caliente” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Válvula de alivio.

“Todos los calentadores de agua con tanque que operan por encima de la presión atmosférica deben estar provistos con una válvula aprobada de alivio de cierre automático (de palanca) que regula la presión y una válvula de alivio que regula la temperatura o una combinación de ambas” (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La válvula de alivio debe colocarse para descargar una presión de 17.6 m.c.a. (25 psi) más alta que la presión máxima de servicio, bajo la cual el sistema puede operar en cualquier momento, pero en ningún caso la presión máxima de trabajo puede exceder los 88 m.c.a. (125 psi), a menos que el sistema esté específicamente diseñado para un servicio de presión más alta (Pérez Carmona, 2015).

Dichas válvulas deben ser instaladas en el casco del tanque del calentador de agua. La válvula de alivio de temperatura debe ubicarse en el tanque de tal modo que sea activada por el agua en los 152 mm (6 pulgadas) superiores del tanque servido. Preferiblemente debe instalarse en la línea de suministro de agua fría al calentador o al tanque (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Aprobación de las válvulas de alivio.

Las válvulas de alivio de temperatura y presión, o combinaciones de ambas, y los dispositivos de corte de energía deben tener una calibración de temperatura de no más de 99 °C (210 °F) y una calibración de presión que no exceda la presión nominal de trabajo del tanque o calentador de agua establecida por el fabricante, o 105.5 m.c.a. (150 psi), la que sea menor (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

- Requisitos para la tubería de descarga.

La tubería de descarga que sirve a una válvula de alivio de presión, de temperatura o de combinación debe:

- No estar conectada directamente al sistema de desagüe sanitario.
- Descargar a través de un espacio de aire ubicado en el mismo espacio que el calentador de agua.
- No ser menor que el diámetro de la boca de salida de la válvula servida y debe descargar en toda su dimensión al espacio de aire.
- Servir un único dispositivo de alivio y no debe conectar tuberías que sirvan a otro dispositivo de alivio o equipo.
- Descargar al piso, a una bandeja que sirva al calentador de agua o al tanque de almacenamiento, a un receptor de desperdicios o al exterior.
- Descargar de manera que no cause daños personales o daños estructurales.
- Descargar a un punto de terminación que sea directamente observable por los ocupantes de la edificación.
- No tener trampa hidráulica (sifón).
- Estar instalada de manera que fluya por gravedad.
- No terminar a más de 152 mm (6 pulgadas) por encima del piso o receptor de desechos.
- No tener una conexión roscada en la terminación de tal tubería.
- No tener válvulas o accesorios en tee.
- *Bandeja requerida.*

Donde se instalen calentadores de agua o tanques de almacenamiento de agua caliente en lugares en los que una pérdida en los tanques o en las conexiones cause daño, el tanque o calentador de agua debe ser instalado en una bandeja de acero galvanizado con un espesor de material no menor que 0.6010 mm (0.0236 pulgada) (calibre N°24), u otras bandejas aprobadas para tal uso (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La bandeja no debe tener menos de 38 mm (1 1/2 pulgadas) de profundidad y debe tener suficiente tamaño y forma para recibir todo el goteo o condensación del tanque o calentador de agua. La bandeja debe ser drenada por una tubería de desagüe indirecto que

tenga un diámetro mínimo de 19 mm (3/4 pulgada) (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

El tubo sanitario de desagüe de la bandeja se debe extender sin disminuir su dimensión y debe terminar sobre un receptor de desperdicios indirecto adecuadamente ubicado o en un desagüe de piso o se debe extender al exterior de la edificación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.5.13.4. Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente.

La capacidad volumétrica del tanque de almacenamiento y la capacidad del equipo de producción están determinadas en función de la dotación de agua caliente.

Tabla 130. *Capacidad de los tanques y equipos de producción de agua caliente.*

Tipo de edificación	Capacidad del tanque de almacenamiento en función de la dotación diaria en litros	Capacidad horaria del equipo de producción de agua caliente en función de la dotación diaria en litros
Viviendas unifamiliares y multifamiliares	1/5	1/7
Hoteles, albergues y similares	1/7	1/10
Restaurantes	1/5	1/10
Gimnasios	2/5	1/7
Hospitales, clínicas, consultorios y similares	2/5	1/6

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento, Dirección Nacional de Saneamiento., s.f).

Las capacidades también pueden ser determinadas en función de las demandas de los aparatos sanitarios, mediante una estimación de caudales en función del número de total de aparatos a los que se planea abastecer y al uso simultáneo de los mismos.

Tabla 131. *Requerimientos estimados de agua caliente en varios tipos de edificaciones con calentadores, con almacenamiento. Demanda en litros por hora por aparato sanitario, calculada con temperatura final de 60 °C.*

Aparatos sanitarios	Departamentos	Hoteles	Oficinas	Viviendas	Escuelas
Lavabo privado	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Lavabo público	15.0	30.0	23.0	-	57.0
Tina	76.0	76.0	-	76.0	-
Lavavajillas ^a	57.0	50 – 200	-	57.0	100.0
Fregadero de cocina	38.0	114.0	76.0	38.0	76.0
Lavandería	76.0	106.0	-	76.0	-
Cocineta de servicio	19.0	38.0	38.0	19.0	38.0
Duchas	114.0	284.0	114.0	114.0	850.0
Vertedero de servicio	76.0	114.0	76.0	57.0	76.0

Factor de demanda	0.30	0.25	0.30	0.30	0.40
Factor de almacenamiento^b	1.25	0.80	2.00	0.70	1.00

^a Los requerimientos de los lavavajillas pueden ser tomados de esta tabla o pueden ser más precisos si son proporcionados por el fabricante para el tipo de lavavajillas que será utilizado.

^b Es la relación de la capacidad del tanque de almacenamiento a la demanda máxima probable por hora. La capacidad de almacenamiento puede reducirse si se tiene un suministro ilimitado de agua caliente.

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

3.5.14. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de agua potable, para proveer la cantidad necesaria a una velocidad y presión apropiada. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

3.5.14.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de instalaciones hidrosanitarias para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Ubicación.
- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Ocupación actual y/o futura.
- Usos.
- Presión estática diaria mínima de servicio en el sitio donde va a estar situada la edificación.

- Ubicación de acometida.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones hidrosanitarias.

3.5.14.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar todos los aparatos sanitarios en la vista en planta, así como la ubicación de la acometida de agua potable o la posible ubicación de esta.
3. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las tuberías verticales, también denominadas montantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación, mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.
4. Elegir el sistema de abastecimiento de agua que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto. Con base en el análisis del edificio, de ser necesario, se debe establecer el número de zonas de presión y su respectivo sistema de abastecimiento.
5. Elegir el sistema de producción de agua caliente que se acople adecuadamente a las necesidades del proyecto, tanto técnicamente como económicamente, considerando la demanda y el servicio que cada aparato sanitario va a prestar, así como el uso adecuado de energía.
6. Realizar el trazado de la red de abastecimiento, tanto de los tramos verticales como horizontales. Se deberá tomar en cuenta todas las instalaciones del edificio con sus respectivos accesorio y elementos a fin de considerar las demandas de espacio para todas las instalaciones, así como la accesibilidad de mantenimiento y reparación.

Debe considerarse el sistema de producción de agua caliente elegido, para realizar el trazado de dicho sistema, la identificación de la ubicación de los aparatos requeridos para su producción, así como de los dispositivos de seguridad, accesorios y válvulas necesarias. El trazado debe realizarse teniendo en cuenta que el uso de materiales sea el mínimo posible, así como contemplando sacar el máximo provecho a los materiales

empleados, evitando reparaciones constantes e injustificadas considerando un mantenimiento mínimo (Becerril, 2011).

7. Enumerar los aparatos sanitarios y nudos de consumo. Es necesario localizar el aparato crítico o más desfavorable y numerar los accesorios de la ruta crítica, desde el aparato crítico hasta su fuente de suministro.
8. Para hallar el caudal máximo probable, con el cual se diseña la red, existen múltiples métodos de cálculo. Para ello se debe tener en cuenta dos consideraciones importantes del cálculo; el análisis deberá realizarse partiendo del punto más alejado de la red, acumulando el caudal en sentido inverso al recorrido del agua, hasta llegar al origen de la alimentación y además se considera que los aparatos no funcionan simultáneamente.

8.1. Método de la norma francesa.

Este método tiene como apoyo una tabla donde se especifica el caudal mínimo para cada aparato sanitario, tanto para agua fría como para agua caliente, una vez obtenido el valor numérico del caudal se procede a la sumatoria del mismo según el tramo analizado.

El caudal máximo probable se calcula multiplicando la sumatoria del caudal mínimo instantáneo por el coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados (K_S), se debe considerar que este coeficiente varía dependiendo el número de aparatos sanitarios. En una edificación cuando existen espacios con características semejantes se utiliza el coeficiente K_{SS} , dicho coeficiente se multiplica por el coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados y a su vez por la sumatoria del caudal mínimo instantáneo obteniendo así el caudal máximo probable.

8.2. Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Primero se debe determinar los valores de carga, en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.), de cada aparato sanitario previamente identificado, esto según la tabla denominada “Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios”. Una vez obtenido el valor de carga este debe ser transformado en caudal en L/s, considerando si se trata de un sistema de suministro principalmente para tanques de descarga o principalmente para fluxómetros, esto con la ayuda de la tabla denominada “Tabla para estimación de demanda”.

En caso de aparatos sanitarios que tengan suministro de agua fría y de agua caliente, los valores de carga equivalen a $\frac{3}{4}$ del valor total asignado al aparato sanitario, esto individualmente para cada sistema, el valor resultante deberá ser redondeado al inmediato superior. Para los equipos o aparatos no especificados en cada uno de los métodos, se debe utilizar el caudal de operación especificado por el fabricante o se deberá elegir un aparato sanitario con similares características de gasto.

9. En el proceso de selección del diámetro para cualquiera sistema de abastecimiento de agua es necesario reunir cierta información preliminar tal como: el caudal de diseño, diferencias de elevación, materiales de las tuberías, longitud hasta el aparato más alejado, límites de velocidad y presión, medidas comerciales de las tuberías, diámetro mínimo según el aparato sanitario a abastecer y demás datos necesarios para el correcto dimensionando (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). En caso de que el diámetro seleccionado no cumpla con los requerimientos necesarios se efectuarán las correcciones precisas hasta que se cumplan todos los requerimientos, evitando el sobredimensionamiento de la tubería, el diámetro establecido debe ser lo más pequeño posible (García Sosa, 2001).
10. Una vez realizada la distribución de la red en planta de toda la edificación, para cada uno de los sistemas, es muy importante realizar una vista isométrica a 45° o 30° de toda la red, esta isometría debe presentar parámetros como, el número de aparatos sanitarios por cada sección, las alturas de los aparatos sanitarios sobre el plano

horizontal de referencia, incluyendo todos los accesorios como codos, tees, válvulas, etc. (Rodríguez, 2005).

11. La pérdida de presión causada por tuberías y accesorios se la debe hallar para el artefacto hidráulicamente más alejado, ya que para un adecuado funcionamiento requiere de una mayor presión disponible.

Las pérdidas por fricción en la tubería son calculadas cuando se conoce el diámetro de la tubería, la longitud de la tubería y el caudal a través de la tubería.

La pérdida de carga en tuberías se calculará mediante la aplicación de la fórmula universal o racional de Darcy – Weisbach, en combinación con la fórmula de Colebrook – White que se aplica a cualquier régimen de flujo, (laminar, en transición y turbulento), tipo de material (rugosidad) y para cualquier tipo de fluido (Número de Reynolds que es función de la viscosidad del fluido), también puede aplicarse la fórmula de Flamant cuyo coeficiente se determina según el material de la tubería, parecido a la fórmula de Hazen-Williams la cual también puede aplicarse.

12. La presión disponible se calcula restando de la presión otorgada por la red pública, la presión de salida asignada en el aparato más desfavorable, la altura estática o física desde la conexión domiciliaria, hasta la salida más desfavorable. Una vez hallada la presión disponible al aparato más desfavorable, en función del sistema de abastecimiento seleccionado, se analiza, si es necesario aumentar la presión, mediante un sistema de bombeo, o si la presión disponible es suficiente para que el aparato opere apropiadamente, considerando todas las pérdidas disponibles. Una vez garantizada la presión mínima al aparato en condición más desfavorable se garantiza la presión al resto de la edificación.

Es importante tener en cuenta que los requisitos, parámetros y valores que aparecen en las normas técnicas de diseño son mínimos, y que el proyectista deberá elaborar su proyecto teniendo en cuenta las características y condiciones propias de cada caso, efectuando el estudio, diseño y cálculo específicos (Castillo Anselmi, 2014).

3.5.14.3. *Tabla.*

Para elaborar las tablas utilizadas en el proceso de dimensionamiento es necesario identificar todos los tramos de la red de distribución y sus características individuales, es decir, ubicación, longitud total, material de la tubería, accesorios, etc., así como otros datos que faciliten el llenado de la tabla.

A continuación, se presenta una secuencia a seguir para el dimensionamiento de tuberías de una red de distribución de agua, cabe recalcar que se detallará un poco más el procedimiento correspondiente al agua fría, siendo el cálculo similar para el dimensionamiento de tuberías de agua caliente.

3.5.14.3.1. *Información del proyecto.*

Es importante contar con información que identifique al proyecto que se está ejecutando, entre los datos relevantes se tiene el nombre que identifique al proyecto, la fecha de realización del cálculo, las personas encargadas de diseñar y supervisar dicho diseño, así como el plano correspondiente, además de la información mencionada se puede añadir cualquier otro dato de importancia para el proyecto.

Tabla 132. *Información del proyecto.*

Proyecto:
Fecha de realización:
Diseñador:
Supervisor:
Plano de referencia:
Número de hoja:

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Caudal: Caudal instantáneo mínimo para el funcionamiento del aparato sanitario, según lo expuesto en la tabla dada por la norma francesa.

$\Sigma Q_{\text{mín.}}$: Sumatoria de los caudales mínimos instantáneos.

La sumatoria de los caudales mínimos instantáneos deben ser multiplicados por el coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos sanitarios instalados y en el caso de espacios con características similares se multiplica también por el coeficiente de simultaneidad para espacios similares, el producto de dicha operación da como resultado el caudal máximo probable, este último debe ser repartido para la red de distribución analizada, a cada tramo le pertenece un caudal, tal que se garantice que a cada aparato sanitario llegue al menos el caudal instantáneo mínimo correspondiente.

- Método de Hunter original.

Para el método de Hunter original, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 135. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter original.*

Aparato sanitario	Unidades de gasto UG	Caudal Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Unidades de gasto: Unidades de gasto según el aparato sanitario analizado.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de las unidades de gasto a caudal en L/s.

- Método de Hunter modificado.

Para el método de Hunter modificado, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 136. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter modificado.*

Aparato sanitario	Unidades de gasto UG	Caudal Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Unidades de gasto: Unidades de gasto según el aparato sanitario analizado, reducido en un 40% respecto al método de Hunter original.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de las unidades de gasto a caudal en L/s.

- Método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

Para el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 137. *Tabla de estimación de caudales mediante el método de Hunter del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Aparato sanitario	Valores de carga (w.s.f.u.)	Caudal

Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario presente en el tramo analizado.

Valores de carga: Valores de carga según el aparato sanitario analizado.

Caudal: Caudal máximo probable, dado por la transformación de los valores de carga a caudal en L/s, según el sistema de suministro.

3.5.14.3.3. Dimensionamiento de tuberías.

Una vez obtenido el caudal correspondiente para cada tramo de tubería se puede proceder con el dimensionamiento de tuberías.

Tabla 138. Información general para el dimensionamiento de tuberías.

Caudal Q (m ³ /s)	Diámetro interno de la tubería D (mm)	Área de la tubería A (m ²)	Velocidad media del flujo V (m/s)

Fuente: Elaboración propia.

Caudal: Caudal del tramo analizado. Obtenido de la estimación de caudales.

Diámetro interno de la tubería: Diámetro interior de la tubería, según especificaciones del fabricante. Se enlistarán los diámetros internos comerciales y se empezará por el menor diámetro.

Con base en el diámetro interno comercial propuesto y el caudal de diseño para el tramo analizado se puede obtener la velocidad media de flujo (García Sosa, 2001).

Velocidad media del flujo: Velocidad media del tramo analizado.

Utilizando el diámetro propuesto en la columna denominada “*Diámetro interno de la tubería*” se puede realizar la verificación de la velocidad media del flujo en el tramo analizado, considerando que los siguientes límites:

- *Velocidad máxima:* 2 m/s para diámetros de hasta 76.2 mm (3 pulgadas) y 2.5 m/s para diámetros mayores de 76.2 mm (3 pulgadas).
- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.

La velocidad media del flujo será calculada de la siguiente manera:

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Despejando V:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo. [m/s]

Q: Caudal del tramo analizado. [m³/s]

D: Diámetro interno de la tubería. [m]

Cuando el diámetro seleccionado no cumple con los límites de velocidad se debe seleccionar otro diámetro que produzca la velocidad requerida, considerando las siguientes recomendaciones:

Si velocidad es menor al límite inferior – Reducir diámetro

Si velocidad es mayor al límite superior – Aumentar diámetro

3.5.14.3.4. Cálculo de pérdidas de carga.

Es importante mencionar que se realiza la pérdida de carga se puede realizar solo para el tramo más desfavorable, debido a que garantizando que el aparato más alejado sea provisto de agua se sobreentenderá que los demás aparatos sanitarios también podrán ser provistos de agua.

Tabla 139. Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte I.

Tramo		Material de la tubería	Longitud física de la tubería L (m)	
Punto de inicio	Punto final		Horizontal	Vertical

Fuente: Elaboración propia.

Tramo: Identificación del tramo a analizar.

Material de la tubería: Material de la tubería analizada.

Longitud física de la tubería: Longitud física de la tubería en el tramo analizado, de acuerdo con lo estipulado en planos.

Tabla 140. Información general para el cálculo de pérdidas de carga. Parte II.

Pérdida de carga distribuida h _f (m)	Pérdida de carga localizada h _L (m)	Longitud total de la tubería L _t (m)

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada para cada tramo analizado.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada para cada accesorio presente en el tramo analizado.

Longitud total de la tubería: Sumatoria de la longitud física y las longitudes equivalentes (pérdida de carga distribuida y pérdida de carga localizada).

3.5.14.3.4.1. *Pérdidas de carga distribuidas.*

▪ *Método de Flamant.*

Para el método de Flamant, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 141. *Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Flamant.*

Coefficiente de Flamant	Pérdida de carga distribuida
m	h_f (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de Flamant: Coeficiente de Flamant, determinado según el material de la tubería.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Flamant.

▪ *Método de Hazen-Williams.*

Para el método de Hazen-William, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 142. *Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Hazen-Williams.*

Coeficiente de fricción C	Pérdida de carga distribuida h_f (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de fricción: Coeficiente de fricción, determinado según el material de la tubería.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Hazen-Williams.

- Método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.

Para el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 143. *Tabla de pérdidas de carga distribuidas mediante el método de Darcy – Weisbach y Colebrook – White.*

Viscosidad cinemática del agua ν (m ² /s)	Número de Reynolds Re	Coeficiente de rugosidad de la tubería k (m)	Coeficiente de fricción f	Pérdida de carga distribuida h_f (m)

Fuente: Elaboración propia.

Viscosidad cinemática del agua: Viscosidad cinemática del agua, determinada según la temperatura del fluido.

Número de Reynolds: Número de Reynolds.

Coefficiente de rugosidad de la tubería: Coeficiente de fricción, determinado según el material de la tubería.

Coefficiente de fricción: Coeficiente de fricción, resultante del despeje de la fórmula de Colebrook-White.

Pérdida de carga distribuida: Pérdida de carga distribuida, determinada con la fórmula de Darcy – Weisbach.

3.5.14.3.4.2. Pérdidas de carga localizadas.

Tabla 144. Información general para el cálculo de pérdidas de carga localizadas.

Accesorio

Fuente: Elaboración propia.

Accesorio: Accesorio; para cada accesorio instalado en el tramo analizado.

- Método del Coeficiente k.

Para el método del coeficiente k, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 145. Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Coeficiente k.

Coeficiente k	Pérdida de carga localizada h _L (m)

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente k: Coeficiente k, determinado según el accesorio analizado.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada con la fórmula del Coeficiente k.

- *Método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Para el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, el proceso se puede estandarizar mediante el uso de la siguiente tabla:

Tabla 146. *Tabla de pérdidas de carga localizadas mediante el método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.*

Pérdida de carga localizada

h_L (m)

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de carga localizada: Pérdida de carga localizada, determinada con las tablas del método del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.

3.5.15. Sistema de bombeo.

En la parte inferior de la edificación existe una estructura de almacenamiento, la cual puede ser superficial, semi subterránea o subterránea, en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público; desde dicha estructura de almacenamiento un número de bombas establecido (casi siempre una o dos), impulsarán el agua (Wekker & Asociados, 2004).

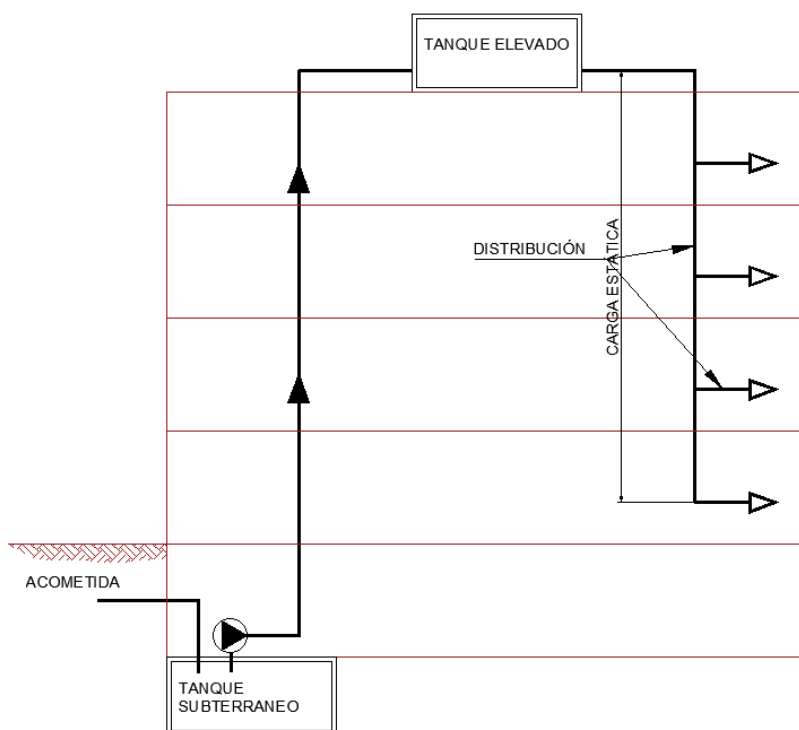


Ilustración 38. Sistema de tanque elevado.

Fuente: Autoría propia.

Algunas recomendaciones para el sistema de bombeo son:

- Los equipos de bombeo de los sistemas de distribución de agua deben ubicarse en un ambiente adecuado con fácil acceso, tal que se tenga espacio libre alrededor de la bomba suficiente para su fácil montaje, mantenimiento, inspección, remoción (Morales, y otros, 2010).
- Debe contar con un piso con pendiente hacia desagües previstos, seguridad, ventilación e iluminación, así como protección contra la intemperie en caso de ser necesario, además, las bombas deben ser diseñadas para mantener su cebo (Morales, y otros, 2010).
- Es necesario disponer de un tapón de cebado (Pérez Carmona, 2015).
- Para absorber las vibraciones de los equipos de bombeo estos deben instalarse sobre una fundición de concreto debidamente proyectada, además se fijarán sobre

la fundición mediante pernos de anclaje, según las recomendaciones del fabricante (Morales, y otros, 2010).

- El equipo de bombeo debe estar dotado de una adecuada protección contra sobrecargas, cortocircuitos, pérdida de fase, inversión de fase y sobre temperatura (Morales, y otros, 2010). Además, para equipos de bombeo que se utilicen en edificios o instalaciones que por su magnitud e importancia lo requieran, deberá preverse la conexión a un sistema alterno de energía para casos de emergencia (Morales, y otros, 2010).
- Se debe distinguir si el final del agua bombeada es un aparato sanitario o un tanque elevado. El aparato crítico es aquel que por su ubicación se encuentre en el punto de mayor dificultad para suministrar el caudal adecuado de servicio (Pérez Carmona, 2015).

Cuando el fin del agua bombeada sea el aparato crítico es imprescindible asumir un límite de presión para ese aparato y, a partir del mismo, hacer un recorrido a través de la ruta crítica hasta llegar al equipo de presión (Pérez Carmona, 2015).

Cuando el agua es llevada a un tanque elevado, la altura estática de éste dependerá del límite de presión asumida para el aparato crítico, se debe hacer un recorrido desde este aparato hasta el tanque y así determinar su correcta ubicación (Pérez Carmona, 2015). La altura estática es la diferencia vertical medida entre el eje de la bomba y la superficie del agua a elevar (Pérez Carmona, 2015).

3.5.15.1. Equipos de bombeo.

Las bombas centrifugas, son las más recomendadas, debido al amplio rango de capacidad, presión y disponibilidad (García Sosa, 2001). Las bombas centrífugas se clasifican en rotor de flujo radial, rotor de flujo axial y rotor de flujo mixto, es importante considerar que el rotor determina la relación con los parámetros de caudal Q , altura H y eficiencia η (Pérez Carmona, 2015).

A continuación, se presenta una tabla con recomendaciones según el tipo de rotor de las bombas centrífugas.

Tabla 147. Selección de bombas centrífugas según el tipo de rotor.

Rotor	Caudal (Q)	Altura (H)	Eficiencia (η)
Radial	Medios y bajos	Medias y altas	Medias y medias altas
Axial	Grandes y muy grandes	Muy bajas y bajas	Altas y muy altas
Mixto	Medios y grandes	Bajas y medias	Medias altas y altas

Fuente: (Pérez Carmona, 2015).

La capacidad del equipo de bombeo estará determinada por el volumen de almacenamiento del tanque elevado, ya que deberá ser capaz de reemplazar dicho almacenamiento en un máximo de dos horas, aunque comúnmente una hora es el tiempo de reemplazo más utilizado (García Sosa, 2001).

El arreglo en paralelo de las bombas da como resultado un aumento respecto al caudal debido a que cada bomba aporta su valor, mientras la altura de bombeo permanece en el rango de operación de las bombas asociadas. En cambio, el arreglo en serie de las bombas representa un aumento en la altura de bombeo dado que la altura de elevación aumenta al pasar a la siguiente bomba, mientras el caudal es común para las bombas.

Un arreglo común de las bombas es la instalación en paralelo de estas, logrando alternar su uso a fin de prolongar la vida útil, además da la facilidad de mantenimiento de los equipos y absorción de solicitudes inesperadas, es importante considerar que cada equipo debe tener capacidad para suministrar el gasto máximo (García Sosa, 2001).

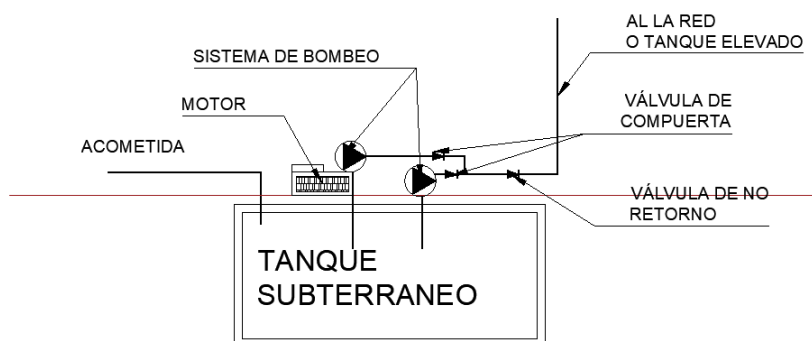


Ilustración 39. Diagrama de bombas en paralelo.

Fuente: Autoría propia.

3.5.15.2. Características del equipo.

La capacidad del equipo debe ser equivalente a la máxima demanda simultánea, a fin de que, si el tanque elevado se queda sin agua, la capacidad de la bomba puede suplir de inmediato la máxima demanda simultánea en la red interior.

3.5.15.3. Dimensionamiento de la bomba.

Para considerar y seleccionar en un sistema de abastecimiento de agua potable un equipo de bombeo del tipo centrífugo, se debe primero tener establecido los datos expuestos a continuación (Pérez Carmona, 2015).

- Caudal de bombeo con los máximos y mínimos (Pérez Carmona, 2015).
- La altura dinámica total tal que satisfaga los requerimientos de caudal (Pérez Carmona, 2015).

Según las dimensiones del sistema de bombeo puede ser necesario ejecutar un estudio más minucioso de las condiciones hidráulicas, para evitar sobrepresiones, aire y otros fenómenos que puedan dañar el sistema, por lo cual podrán utilizarse válvulas especiales que solucionen estos problemas, además es necesario tomar en cuenta el material a utilizar, así como el uso de uniones flexibles, para evitar que las vibraciones deterioren los elementos del sistema (Castillo Anselmi, 2014).

3.5.15.3.1. *Conexiones.*

Las conexiones de la bomba a las tuberías de succión e impulsión deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Las juntas entre la bomba y las correspondientes tuberías deben ser de preferencia del tipo de brida o de tope (Morales, y otros, 2010).
- “Las tuberías de succión e impulsión deberán descansar sobre soportes independientes de las fundaciones de la bomba, instalándose con el menor número posible de codos” (Morales, y otros, 2010).
- “En el caso de bombas de recirculación de agua caliente, deberán proveerse de juntas de dilatación o expansión” (Morales, y otros, 2010).
- Los diámetros de las tuberías de succión siempre deben ser mayores que los de las tuberías de impulsión (Morales, y otros, 2010).
- De requerirse reducción de diámetro en la succión de la bomba, deberá utilizarse una reducción excéntrica que evite la acumulación del aire; en las tuberías de descarga se utilizarán reducciones concéntricas (Morales, y otros, 2010).

3.5.15.3.2. *Tubería de impulsión o descarga.*

La tubería de impulsión está comprendida desde la salida de la bomba hasta la salida del agua hasta la parte distal de la instalación, el flujo en esta tubería se da exclusivamente con la potencia de la bomba.

- “Inmediatamente después de la bomba debe instalarse una válvula de retención (check) y una válvula de compuerta” (Morales, y otros, 2010). La válvula de retención es necesaria para prevenir daños en la bomba cuando el agua se regresa debido al apagado de la bomba (Pérez Carmona, 2015).
- Los diámetros de las tuberías de impulsión de las bombas se deben determinar en función del caudal de bombeo (Morales, y otros, 2010).

El diámetro de la tubería de impulsión se puede estimar con la siguiente tabla:

Tabla 148. *Diámetro de la tubería de impulsión.*

Caudal de bombeo L/s	Diámetro de la tubería mm (pulgadas)
Hasta 0.85	19.1 (3/4)
De 0.86 a 1.50	25.4 (1)
De 1.51 a 2.30	31.8 (1 ¼)
De 2.31 a 3.40	38.1 (1 ½)
De 3.41 a 6.00	50.8 (2)
De 6.01 a 9.50	63.5 (2 ½)
De 9.51 a 13.50	76.2 (3)
De 13.51 a 25.00	101.6 (4)

Fuente: (Wekker & Asociados, 2004).

3.5.15.3.3. *Tubería de succión.*

La tubería de succión comprende la tubería y accesorios instalados entre la estructura de almacenamiento y la boca de entrada de la bomba.

- Se debe procurar diseñar la succión lo más corta posible, así como la instalación del menor número de accesorios (Pérez Carmona, 2015).
- La succión no debe alcanzar el fondo del tanque, ni debe quedar unida a la pared lateral (Pérez Carmona, 2015).
- Generalmente el diámetro de la tubería de succión se establece considerando un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de impulsión (Castillo Anselmi, 2014).
- El diámetro de la tubería succión debe ser mayor o igual al de la succión de la bomba, cuando el diámetro de la tubería de succión es mayor que la succión de la bomba se debe instalar una conexión excéntrica (Pérez Carmona, 2015).
- “La presión en cualquier punto de la succión no debe ser reducida más allá de la presión de vapor del líquido a la temperatura en que se encuentra, porque se formará vapor que puede producir cavitación” (Castillo Anselmi, 2014).

“La carga de succión es positiva cuando la bomba trabaja ahogada, es decir, cuando el tirante del agua de la cisterna queda sobre el eje de succión” (Becerril, 2011). “En las tuberías de succión con carga positiva se instalará una válvula de compuerta” (Morales, y otros, 2010).

“La carga de succión es negativa cuando la bomba se instala sobre el nivel máximo de agua dentro de la cisterna (sobre la tapa de la cisterna, sobre el nivel del piso que la rodea, etc.)” (Becerril, 2011). En las tuberías con carga negativa debe instalarse una válvula de pie en su extremo, para prevenir el descebado de las bombas (Morales, y otros, 2010).

3.5.15.3.4. *Altura manométrica o carga dinámica total.*

La altura dinámica total de bombeo es el incremento total de la carga de flujo; siendo el resultado de la suma de la altura estática de succión, de la altura estática de impulsión, las pérdidas de energía por fricción y localizadas (en la tubería de succión y de impulsión) y la presión mínima de servicio.

La pérdida dinámica total se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = H_s + H_i + P_s$$

Donde:

H_t: Altura manométrica o altura dinámica total. [m]

H_s: Altura manométrica de succión. [m]

H_i: Altura manométrica de impulsión. [m]

P_s: Presión de servicio (2 m.c.a. valor mínimo).

- Altura manométrica de succión (cuando el nivel mínimo del agua está por debajo del eje de la bomba):

$$H_s = H_{gs} + H_{fs}$$

Donde:

H_{gs} : Altura geométrica de succión. [m]

H_{fs} : Pérdidas de carga tubería de succión. [m]

La carga aportada por la succión está limitada por la carga neta positiva de succión (NPSH).

- Altura manométrica de impulsión:

$$H_i = H_{gi} + H_{fi}$$

Donde:

H_{gi} : Altura geométrica de impulsión. [m]

H_{fi} : Pérdidas de carga tubería de impulsión. [m]

Nota: Para el cálculo de pérdidas de carga H_{fs} y H_{fi} ver el capítulo denominado “Cálculo de pérdidas de carga”.

3.5.15.3.5. Carga neta positiva de succión. (NPSH)

La carga neta positiva de succión NPSH es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea, esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

Para garantizar que no se produzca cavitación, se debe cumplir que:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

El NPSH requerido es proporcionado por el fabricante y corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable.

El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de columna de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + H_s)$$

Donde:

$NPSH_{disponible}$: Carga neta positiva de succión. [m.c.a.]

H_{atm} : Presión atmosférica. [m.c.a.]

H_{vap} : Presión de vapor. [m.c.a.]

H_s : Altura manométrica de succión. [m.c.a.]

Tabla 149. Disminución de la presión atmosférica.

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica	
<i>m.s.n.m.</i>	<i>ft</i>	<i>m.c.a.</i>	<i>psi</i>
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
300	1640	9.72	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	7381	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68

2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.05
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

Tabla 150. *Presión del vapor de agua.*

Temperatura		Peso específico	Presión de vapor	
°C	°F	kg/dm ³	m.c.a.	psi
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
15	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
25	77	0.9970	0.323	0.459
30	86	0.9955	0.432	0.614
35	95	0.9939	0.573	0.815

40	104	0.9921	0.752	1.00
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.9777	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.984	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

3.5.15.3.6. *Potencia de la bomba.*

Es necesario realizar el cálculo de potencia del motor de la bomba para asegurar que el líquido llegue hasta el aparato más alejado del sistema de bombeo, garantizando así que el agua llegue a todos los aparatos sanitarios.

- La eficiencia de la bomba a colocar debe estar entre el 60 y 70%.

El valor teórico de la potencia en la bomba se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Qb * Ht}{76 * \left(\frac{\eta}{100}\right)}$$

Donde:

P : Potencia de la bomba. [HP]

H_t : Carga dinámica total. [m]

Q_b : Caudal de bombeo. [L/s]

η : Eficiencia de la bomba. [%]

76: Coeficiente de conversión de unidades.

3.5.15.3.7. Caudal de bombeo.

El caudal de bombeo corresponde a el mayor valor entre el caudal máximo simultáneo de la red y el resultante para llenar el tanque elevado en dos horas, mostrado a continuación.

$$Q_b = \frac{C_D}{86400} \times \frac{24}{T_b}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo. [L/s]

T_b : Tiempo de bombeo. [horas]

C_D : Consumo diario. [L]

3.5.15.3.8. Procedimiento de cálculo.

Utilizando el caudal de conducción se calcula el caudal de bombeo estimando un tiempo de bombeo que puede ser estimado en función del requerimiento del sistema.

Se determina la pérdida de carga total, para ello se debe considerar las pérdidas en accesorios en la tubería y la longitud total del recorrido de la tubería. Con este valor se determina la potencia de la bomba, y de ser el caso la potencia del motor.

Seguido, mediante los catálogos de fabricantes, se selecciona la bomba adecuada a las condiciones de bombeo y altura dinámica del sistema. Sobre las curvas ya definidas de la bomba seleccionada se debe trazar la curva del sistema y determinar el punto de

operación. La selección deberá ser, tal que, se obtenga la máxima eficiencia del sistema de bombeo (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

Mediante el resto de las curvas de la bomba se podrá determinar la eficiencia, potencia y el NPSH requerido, el cual se deberá comprobar que sea menor al disponible (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. , 2005).

3.5.16. Equipo hidroneumático.

Donde el abastecimiento público de agua no garantice la presión suficiente para los requerimientos de la edificación, podrán instalarse equipos hidroneumáticos para conservar una presión adecuada en el sistema de distribución de agua (Morales, y otros, 2010).

Además, en los casos en los que no se desee la instalación del tanque elevado por razones de estética o para evitar sobrecargar la estructura de la edificación, el tanque hidroneumático es una opción óptima como sistema de distribución de agua.

3.5.16.1. Elementos del sistema hidroneumático.

- Equipo de bombeo.
- Tanque hidroneumático.
- Dispositivo para detener el funcionamiento de las bombas y compresor (si lo hubiera) en caso de falta de agua en la estructura de almacenamiento.
- Dispositivos de medición y control tales como manómetro, válvula de seguridad, medidor de flujo.
- Interruptor de presión.
- Válvula de retención, entre la bomba y el tanque hidroneumático.
- Válvula de compuerta que permita la operación y desmontaje de los equipos.
- Compresor o cargadores de aire que reemplacen el aire perdido en el tanque hidroneumático, así como cualquier otro artefacto capaz de suministrar aire a presión.

3.5.16.2. Consideraciones de diseño.

Para la selección de este sistema se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Debe disponerse de una estructura de almacenamiento (cisterna), con capacidad mínima igual a la dotación diaria del edificio.
- El sistema de bombeo para abastecimiento del tanque hidroneumático será estimado como se indica en el capítulo denominado “Sistema de bombeo”.
- Bajo la condición de máxima demanda, el tiempo de bombeo para llenar el tanque hidroneumático será de 1 hora.
- La presión mínima debe ser tal que garantice la presión mínima en el aparato más desfavorable.
- La presión máxima debe ser tal que no exceda el valor límite estipulado por el fabricante.

3.5.16.2.1. Presión mínima.

También conocida como presión manométrica, es la presión que acciona al equipo de bombeo, siendo el resultado de la suma de la altura geométrica entre el punto más desfavorable y la salida del agua del tanque hidroneumático, las pérdidas de carga de la tubería de conducción y la presión mínima de operación requerida en la descarga más alejada.

$$P_{min} = H_g + hf + Psi$$

Donde:

P_{min} : Presión mínima. [m]

H_g : Diferencia de cotas entre la altura del aparato más desfavorable y la cota de salida del agua en el tanque hidroneumático. [m]

hf : Pérdidas de carga en la tubería de conducción, desde la salida del tanque hidroneumático hasta el aparato más desfavorable (pérdidas distribuidas y localizadas). [m]

P_{si} : Presión mínima de servicio del aparato más desfavorable. [m]

3.5.16.2.2. *Presión máxima.*

Es la presión a la cual se debe detener el equipo de bombeo, se establece adicionando a la presión mínima un valor de 14 m.c.a., no se deberá exceder el límite de presión máxima establecido por el fabricante para evitar daños al tanque presurizado (Castillo Anselmi, 2014).

$$P_{m\acute{a}x} = P_{min} + 14$$

$P_{m\acute{a}x}$: Presión máxima. [m]

3.5.16.2.3. *Presión de operación.*

La presión de operación de la red hidráulica del edificio nunca debe exceder la capacidad máxima de presión del tanque presurizado; esta capacidad la fija el fabricante, con base en el espesor de las paredes del tanque (García Sosa, 2001).

3.5.16.3. Diseño del equipo hidroneumático.

Una vez hallado el caudal máximo probable de la red y dimensionada la bomba, así como conocer las limitantes de presión, es posible calcular el volumen del tanque presurizado.

3.5.16.3.1. *Cálculo del volumen útil del tanque (V_u).*

El volumen útil del tanque representa el agua a suministrar entre la presión máxima y mínima de funcionamiento, dicha cantidad de agua podrá ser distribuida sin necesidad de que arranque la bomba.

$$V_u = Q_b * K$$

Donde:

V_u : Volumen de útil. [L]

Q_b : Caudal de bombeo. [L/min]

k : Coeficiente en función de la potencia de la bomba.

Tabla 151. Coeficiente K en función de la potencia de la bomba.

Potencia de la bomba		K
kW	HP	
1	1.3	0.25
2	2.7	0.33
3	4.0	0.42
4	5.4	0.50
5	6.7	0.58
6	8.0	0.66
8	10.7	0.83
10	13.4	1

Factor de conversión:
1 kW= 1.34 HP.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.16.3.2. Cálculo del porcentaje del volumen útil (%Vu).

$$\%Vu = 90 * \frac{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}{P_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

%Vu: Porcentaje de volumen útil. [%]

3.5.16.3.3. Cálculo del volumen del tanque (Vt)

$$Vt = \frac{Vu}{\frac{\%Vu}{100}}$$

Donde:

Vt: Volumen total del tanque a utilizar. [L]

3.5.17. Pruebas en instalaciones hidráulicas.

Para descubrir fugas y defectos se debe someter a prueba las instalaciones hidráulicas nuevas y las partes de sistemas existentes que han sufrido modificaciones, ampliaciones o reparaciones, dichas pruebas no son necesarias cuando la instalación sea temporal con propósito de exhibición (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

En caso de que la prueba no resulte satisfactoria se procede a corregir fallas y se volverá a realizar la prueba hasta que la misma sea satisfactoria. Dicho trabajo debe realizarse tanto para el sistema de suministro de agua fría como de agua caliente.

Una vez terminados los trabajos de la instalación, deben realizarse las siguientes pruebas:

3.5.17.1. Hermeticidad.

Este es un ensayo para comprobar la ausencia de pérdidas en una tubería o instalación, lo que se demuestra por la perduración de la presión durante un período determinado, una vez aislada la fuente de presión. Para ello deben cerrarse las llaves de paso terminales, abriendo las intermedias si las hubiera, inyectándose en las tuberías aire o agua potable a la presión manométrica que corresponda, la presión no debe ser menor a la presión de trabajo del sistema, la cual deberá mantenerse sin variación durante 15 min., como mínimo.

Una vez verificada la hermeticidad de la tubería hasta las llaves de paso, se abren éstas y con las llaves de paso de los artefactos cerrados se comprueba la hermeticidad de éstos, en la misma forma que para las tuberías.

Se establecen las siguientes presiones neumáticas manométricas de prueba:

- Tramos correspondientes a media presión: 4 kg/cm².
- Tramos correspondientes a baja presión: 0.2 kg/cm².

La prueba debe medirse con un manómetro de diámetro de cuadrante de 100 mm, con vidrio irrompible, hermético al agua y al polvo, de los siguientes rangos:

- 0 a 5 kg/cm² para media presión.
- 0 a 1 kg/cm² para baja presión.

3.5.17.2. Obstrucción.

Terminada la prueba de presión se sacan sucesivamente los tapones y se abren las llaves de paso de cada uno de los artefactos, comprobándose por la falta de salida de aire o agua, las obstrucciones que pudiera haber. Deben tomarse las precauciones necesarias para asegurar que dentro de la prolongación no quede ningún tipo de obstrucción, tanto para las instalaciones nuevas como para aquellas que hayan quedado temporalmente interrumpidas.

3.5.17.3. Localización de pérdidas.

Se realiza empleando agua jabonosa aplicada con pincel sobre la superficie exterior de las tuberías, accesorios, llaves y juntas.

- No debe usarse llamas para localizar pérdidas en instalaciones de gas, o el llenado con agua u otro fluido para la detección de aquellas en instalaciones nuevas.
- No debe utilizarse igualmente oxígeno o soluciones corrosivas, admitiéndose sólo como excepción el empleo de agua a presión, para localizar pérdidas que no pueden detectarse por los procedimientos comunes.

3.5.18. Prueba en estructuras de almacenamiento de agua.

Para corroborar el correcto funcionamiento de las estructuras de almacenamiento de agua se procederá de la siguiente forma:

- Cerrar todas las válvulas de salida y limpieza de la estructura de almacenamiento a ensayar, para proceder luego a su llenado con agua hasta alcanzar su nivel máximo, a nivel de la tubería de rebose (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

- Se deberá controlar que el nivel de agua en el reservorio no sufra ninguna variación, por al menos durante tres horas (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- En caso de observarse una variación del nivel máximo de agua, se identifica las fugas o filtraciones en paredes, superficies, tuberías y válvulas para proceder con su arreglo, cambio o reparación; una vez corregidas las causas probables de las pérdidas de agua se procederá a realizar una nueva prueba hasta obtener un resultado satisfactorio (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- Una vez aprobada la prueba se procederá a verificar el funcionamiento correcto de los niveles de arranque y parada de los equipos de bombeo, tubería de rebose y tubería de limpieza, así como la operación y funcionamiento de las válvulas de control (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

3.6. Sistema de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones

El sistema de desagüe de una edificación consiste en el conjunto de tuberías y accesorios sanitarios disponibles, de tal manera, que reciban y evacuen las aguas residuales circulantes, producto de las actividades fisiológicas humanas y desperdicios domésticos, además de la recolección de aguas lluvias, cuyo destino final serán las redes de alcantarillado público (Rodríguez, 2005).





El objetivo de este sistema es recoger las aguas servidas que se producen en las edificaciones y evacuarlas sanitariamente, es decir, sin causar contaminación hasta la red pública de alcantarillado, evitando la proliferación de enfermedades relacionadas con la incorrecta gestión de aguas servidas.



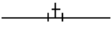



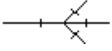
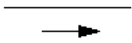
Además, el sistema de ventilación es de vital importancia dado que evacua los gases originados en las redes de desagüe por descomposición de materia orgánica y evita el retorno de malos olores al interior de la edificación, así como mantiene la presión atmosférica dentro del sistema evitando la pérdida de los sellos hidráulicos.

3.6.1. Simbología de los elementos de la red de evacuación.

Con el fin de estandarizar la simbología y nomenclatura utilizada en planos de diseño e informes de cálculo, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 152. *Simbología de los elementos de la red de evacuación.*

Símbolo	Significado
	Tubería de desagüe
	Tubería de ventilación
	Codo de 90°
	Codo de 45°

	Codo de 90° con ventilación
	Cruz
	Tee
	Tee sanitaria
	Tee sanitaria doble
	Yee simple
	Yee doble
	Sentido de flujo

Fuente: Elaboración propia.

Los símbolos gráficos no incluidos, deben indicarse en los planos del proyecto.

3.6.2. Materiales.

En instalaciones interiores de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación se utiliza con predilección los materiales plásticos, y principalmente las tuberías de policloruro de vinilo (PVC).

Tabla 153. *Tuberías y accesorios para tuberías de evacuación de aguas residuales, pluviales y ventilación para edificaciones y la norma correspondiente.*

Material y/o accesorios	Norma
Tubería plástica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad.	NTE INEN 1374

Accesorios de desagüe para artefactos sanitarios.	NTE INEN 2901
Tubería plástica. Tubos de PVC rígido para uso en ventilación de sistemas sanitarios.	NTE INEN 2474
Tubería de poliolefino.	ASTM F 1412
Sistemas de desagüe de acero inoxidable, Tipos 304 y 316L.	ASME A112.3.1
Tubería de acero galvanizado.	ASTM A 53
Tubería de hierro fundido.	ASTM A 74; ASTM A 888.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3. Diámetros comerciales.

En la tabla expuesta a continuación se presenta un listado de los diferentes diámetros comerciales de las tuberías empleadas para el sistema de drenaje y ventilación en una edificación, que se comercializan en el mercado ecuatoriano.

Tabla 154. Dimensiones de tubos PVC rígidos.

Diámetro nominal DN (mm)	Espesor mínimo de pared e (mm)	Tolerancia T= DM-DN (mm)	Diámetro interior nominal DI (mm)
50	1.8	+0.3	46.4
63	1.9	+0.3	59.2
75	2.0	+0.3	71.0
90	2.1	+0.3	85.8
110	2.2	+0.4	105.6
125	2.5	+0.4	120.0
140	2.8	+0.5	134.4
160	3.2	+0.5	153.6

180	3.5	+0.6	173.0
200	3.9	+0.6	192.2
225	4.4	+0.7	216.2
250	5.0	+0.8	240.0
280	5.5	+0.9	269.0
315	6.2	+1.0	302.6
355	7.0	+1.1	341.0
400	7.9	+1.2	384.2
450	8.9	+1.4	432.2
500	9.8	+1.5	480.4
560	11.0	+1.7	538.0
630	12.4	+1.9	605.2

DN: Diámetro nominal, expresa la dimensión comercial o normalizada del conducto, correspondiente al diámetro externo.

T: Tolerancia entre el diámetro exterior medio DM y el diámetro nominal DN.

DM: Diámetro exterior medio, equivale al diámetro exterior de una tubería.

DI: Diámetro interno de la tubería.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009).

3.6.4. Tipos de sistemas de evacuación.

3.6.4.1. Sistema único o combinado.

Este sistema está conformado por una red de tuberías, en las cuales convergen y circulan aguas residuales y pluviales por los mismos conductos. Este sistema puede experimentar el riesgo de sufrir un llenado completo de tuberías, produciendo sifonamiento y por consiguiente malos olores.

3.6.4.2. Sistema separativo.

Este sistema mantiene dos redes independientes de tuberías de aguas residuales y aguas pluviales, tanto en bajantes, ramales y colectores. Un beneficio de este sistema es que en caso de ser necesario o desearlo se facilita el tratamiento de aguas residuales en la estación depuradora, así como el uso de las aguas pluviales.

3.6.4.3. Sistema de evacuación forzada.

Cuando en la red de saneamiento los puntos de inicio de desfogue se encuentran a menor altura que el punto de descarga a la red pública, la recolección y evacuación no se puede hacer por gravedad, entonces es necesario elevar el agua mediante un sistema de bombeo hasta el nivel del alcantarillado (Soriano & Pancorbo, 2012).

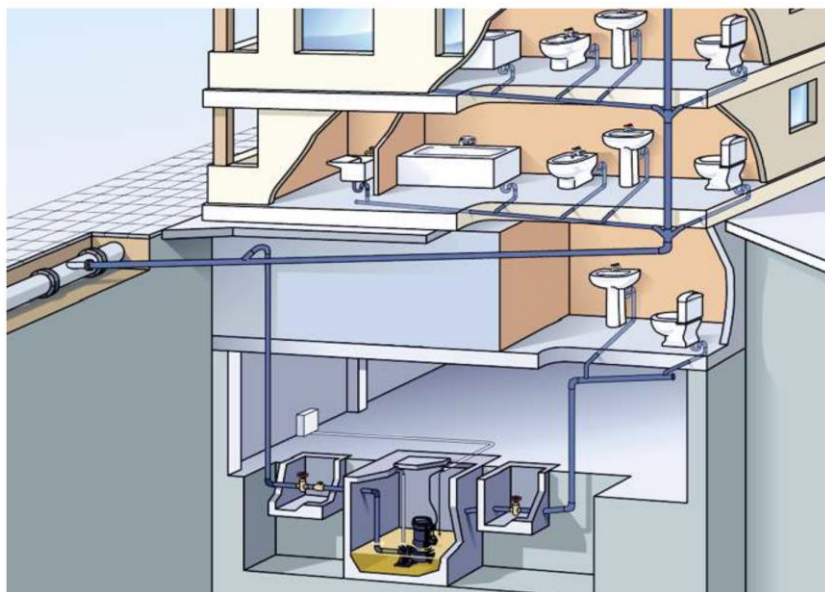


Ilustración 40. Sistema de evacuación forzada de tipo unitario.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

Dependiendo del sistema de evacuación seleccionado para la edificación, sea unitario o separativo, se instalará un grupo de evacuación forzada por cada tipo de aguas evacuadas, de forma separativa o de forma unitaria.

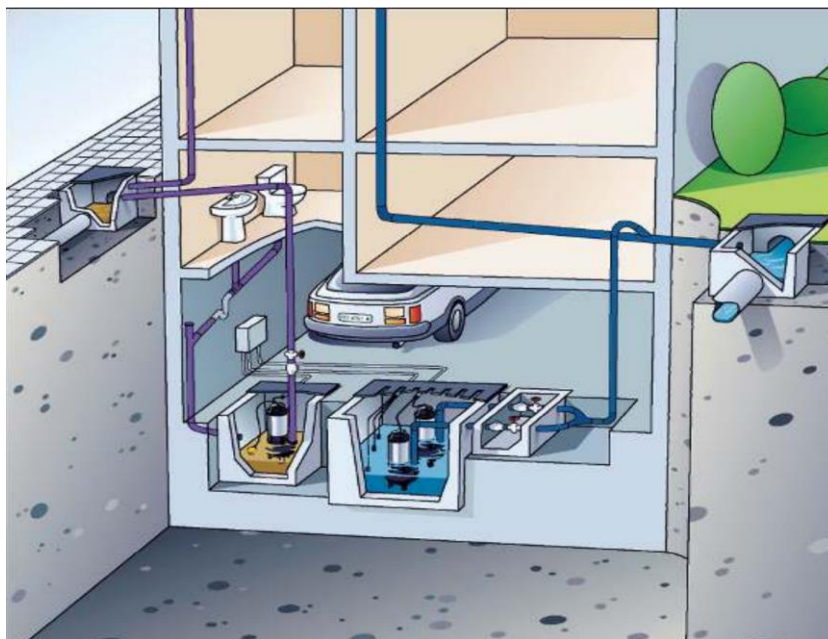


Ilustración 41. Sistema de evacuación forzada de tipo separativo.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.4.3.1. Dimensionamiento red de evacuación forzada.

Se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- Las bombas conectadas al sistema de desagüe deben conectarse al alcantarillado de la edificación o a una pieza Yee en el desagüe de aguas residuales de la edificación a una distancia mínima de 3 m de la base de cualquier bajante sanitario, o desagüe de aparatos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- La descarga se debe llevar independientemente a las tuberías de la edificación hasta la caja exterior de la misma, esto estará a cargo de una bomba o eyector de aguas residuales, o a un conjunto de estos (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

La selección del sistema de bombeo, así como su dimensionamiento, dependerá de diversos factores, como:

- Tipología de la edificación o número de plantas por debajo de la red de saneamiento.
- Tipología de las aguas a evacuar (residuales, pluviales o incluso mixtas).
- Caudal total de bombeo.
- Altura y recorrido de las aguas a impulsar, desde su aspiración hasta su vertido final a la red de saneamiento.
- Tipología y número de bombas a instalar para la recogida de las aguas a impulsar.

3.6.4.3.2. Caudal de la bomba.

El caudal que deberá ser impulsado por la bomba corresponde a la fracción de aguas residuales que se producen bajo la cota de salida por gravedad y la fracción de aguas pluviales que por diseño de la edificación se recogen en patios interiores o rampas de acceso a garajes, estas quedarán a un nivel inferior a la cota de salida por gravedad.

Una vez obtenido el dato de caudal de aguas lluvias con el propósito de obtener un caudal global de trabajo, deberemos convertir las unidades de descarga (UDs), pertenecientes a la fracción de aguas residuales a evacuar por bombeo en caudal real, por lo que recurriremos al valor equivalente de caudal específico, igual a:

$$1 \text{ UD} = 0.47 \text{ L/s}$$

Una vez obtenido el caudal global de impulsión forzada se deberá incrementar el caudal de aportación en un 125%, por lo cual se debe multiplicar el caudal total de impulsión por 1.25 para cada una de las bombas del equipo, en el caso de que el grupo fuera múltiple.

$$Q_T = (Q_R + Q_P) * 1.25$$

Donde:

Q_T : Caudal total de bombeo en el sistema de evacuación forzada. [L/s]

Q_R : Caudal de aguas residuales. [L/s]

Q_P : Caudal de aguas pluviales. [L/s]

Una vez estimado el caudal de bombeo, se procede a calcular el diámetro de las tuberías de succión e impulsión. Cabe señalar que la presión manométrica de la bomba se obtendrá de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas.

3.6.4.3.3. Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales.

Una bomba o eyector de aguas residuales debe poseer la capacidad y la presión para los requerimientos de su aplicación, la capacidad mínima de una bomba o eyector se basa en el diámetro de la tubería de descarga como se muestra en la tabla a continuación (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 155. Capacidad mínima de la bomba o eyector de aguas residuales.

Diámetro de la tubería de descarga mm (pulgadas)	Capacidad de la bomba o eyector L/s (gpm)
50 (2)	1.32 (21)
63 (2 ½)	1.89 (30)
75 (3)	2.90 (46)
<i>Factor de conversión:</i>	
1 gpm = 0.06309 L/s.	

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.4.3.4. Volumen del pozo de vertido para sistema de evacuación forzada.

El dimensionamiento del pozo de vertido de las aguas a ser bombeadas en el sistema de evacuación forzada se hará de manera que se limite el número de ciclos de activación de las bombas, para preservar la vida útil del equipo de elevación, siendo coherente la elección de valores comprendidos entre 5 y 9 arranques en una hora, considerando un número máximo de 12 arranques en una hora (Soriano & Pancorbo, 2012).

$$V_u = \frac{0.3 * Q_T}{N}$$

Donde:

V_u : Volumen útil del pozo de vertido. [L]

Q_T : Caudal de bombeo. [L/hora]

N : Número de arranques hora escogidos.

Es importante mencionar que mientras más bombas actúen alternativamente la frecuencia de arranque será menor (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.5. Sistema de evacuación de aguas residuales.

3.6.5.1. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales.

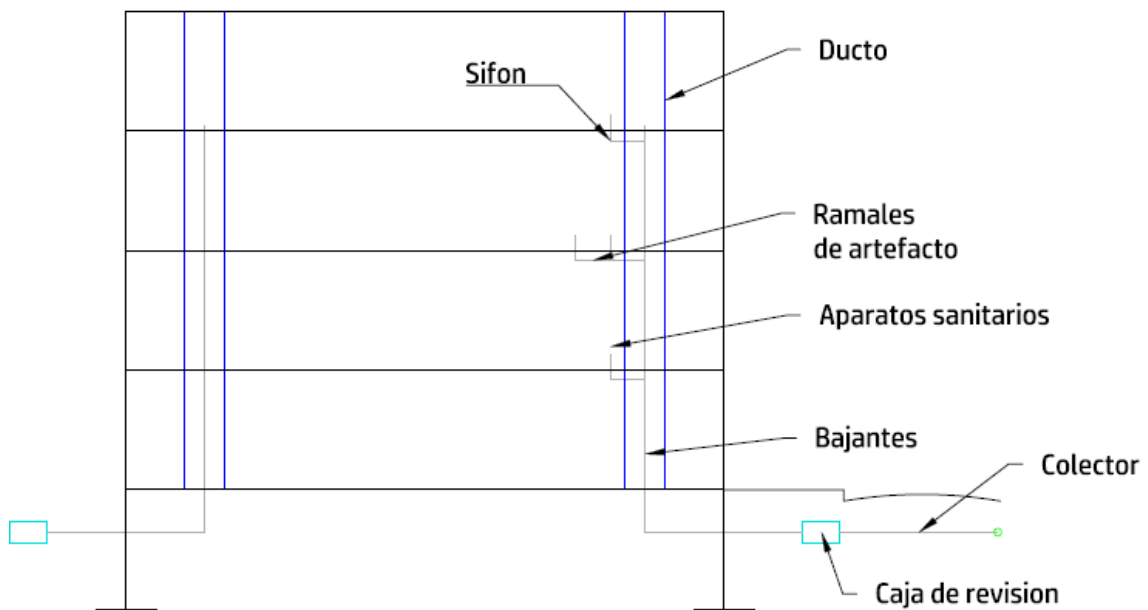


Ilustración 42. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico I.

Fuente: Autoría propia.

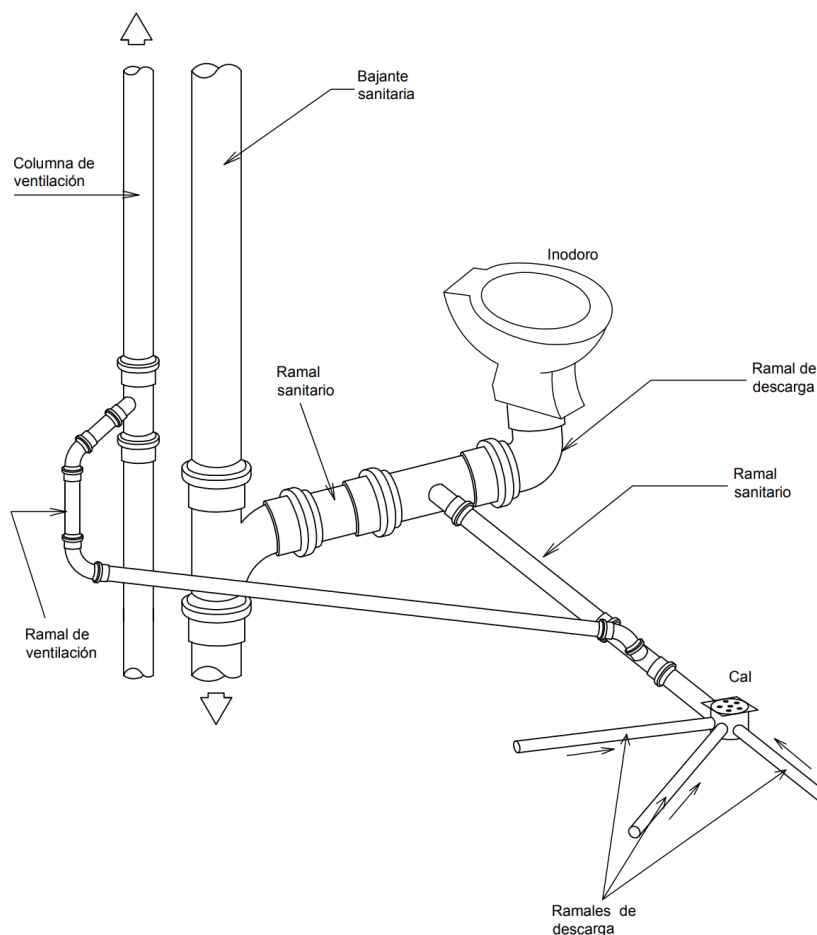


Ilustración 43. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas residuales. Gráfico II.

Fuente: (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

3.6.5.1.1. Sifones.

Accesorio o dispositivo que proporciona un sello hidráulico para reprimir la emisión de gases, sin afectar significativamente el flujo de aguas residuales o servidas a través de él (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021). En su forma más simple, es un tubo curvado donde se acumula el agua proporcionando un sello o cierre hidráulico.

Todos los aparatos hidrosanitarios deben estar dotados de un sifón independiente que garantice el sello hidráulico.

3.6.5.1.2. *Ramales de artefacto o derivaciones simples.*

Canalizaciones que se ocupan de desalojar las aguas servidas de cada uno de los aparatos sanitarios que desembarcan en una tubería de mayor diámetro conocida también como ramales colectores, ramales sanitarios o derivaciones en colector, entre todas estas se forman pequeñas redes de evacuación interna que posteriormente concurrirán en las bajantes y finalmente desembocarán en los colectores generales para ser evacuados a la red pública de alcantarillado.

Algunos de los criterios de diseño para las redes pequeñas de evacuación son:

- El trazado de la red debe ser lo más sencillo posible para conseguir una circulación por gravedad, evitando los cambios bruscos de dirección y utilizando accesorios adecuados.
- Cuando se utilice el sistema de sifones individuales, los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios deben unirse a un tubo de derivación (derivación en colector), que desemboque en la bajante; cuando por condicionantes del diseño esto no fuera posible, se permite su conexión directa al ramal del inodoro.
- Los ramales colectores en edificios de a partir de cuatro pisos, situados en el nivel o piso de un cambio de dirección de una bajante, no podrán conectarse al desvío horizontal de la misma en caso de que el tramo horizontal de la bajante tenga una pendiente menor al 1% o que reciba efluentes de más de cuatro pisos. Las conexiones de los artefactos situados en el nivel o piso del desvío deben ser realizadas aguas abajo del desvío.

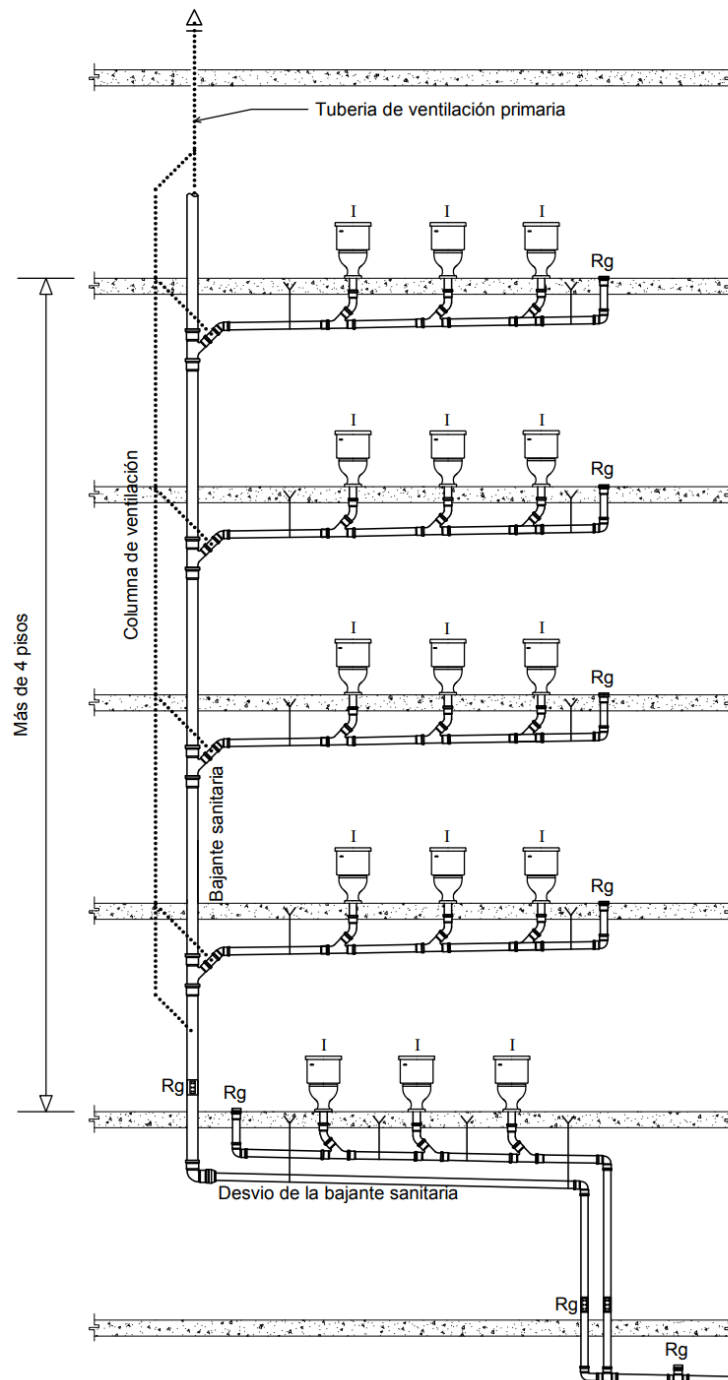


Ilustración 44. Descarga de ramales sanitarios en un desvío de la bajante sanitaria. Vivienda con más de 4 pisos.

Fuente: (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011)

- Los cambios horizontales de dirección deberán ser ejecutados con accesorios con ángulo central de curvatura igual o inferior a 45°.
- La unión entre los ramales colectores y las bajantes deben tener la mayor inclinación posible, no debe ser menor que 45°.
- Los ramales de inodoros deben tener un diámetro de 110 mm, esto para evitar taponamientos, además se debe procurar que tenga salida directa al colector general o la bajante, según corresponda su ubicación.

3.6.5.1.3. Red general de colectores.

Elemento constitutivo horizontal en el cual convergen todos los ramales procedentes de los diferentes aparatos sanitarios instalados en la misma planta y las bajantes procedentes de los pisos superiores. Los diversos colectores constituyen una red horizontal de evacuación encargada de drenar todas las aguas residuales de la edificación hacia la red municipal de alcantarillado (Roux, 2011).

Existen colectores de aguas residuales, pluviales o mixtos, según el sistema de evacuación elegido y dependiendo de la diferencia de cota entre el alcantarillado público y la planta más baja de la edificación, la red de colectores puede ser enterrada o suspendida.

En cualquiera de estos casos debe respetarse las siguientes nociones esenciales de diseño:

- Las conexiones entre los ramales sanitarios al colector deben realizarse de manera oblicua en dirección al sentido de evacuación del agua, con el objetivo de evitar confluencia con las aguas que circulan ya por el colector (Soriano & Pancorbo, 2012).

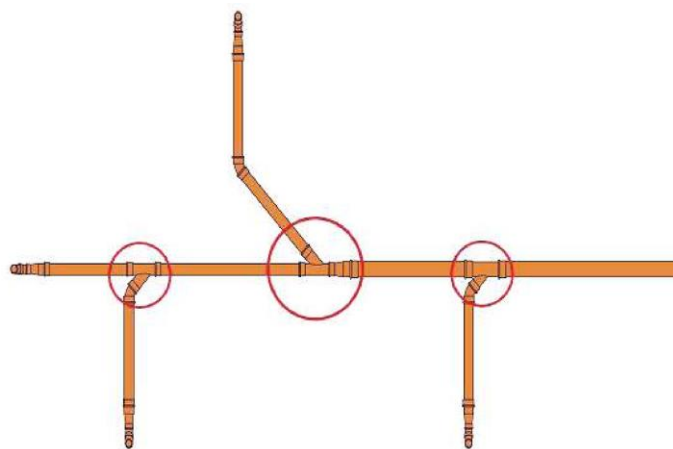


Ilustración 45. Detalle en planta de conexión entre derivaciones y colector común.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

- La conexión entre el colector y los bajantes cuando la red de colectores transcurre enterrada debe realizarse mediante cámaras de registro o inspección si la red transcurre colgada en un entrepaso las conexiones deberán realizarse mediante piezas registrables que actúen como “amortiguador” y minimicen el impacto de las aguas del bajante (Soriano & Pancorbo, 2012).



Ilustración 46. Conexión terminal de bajante y red de colector colgado.

Fuente: (Becerril, 2011)

- En la red de aguas pluviales se debe instalar de un sifón antes de conectarse a la red de colectores generales de aguas residuales (Soriano & Pancorbo, 2012).
- El diámetro de un colector no podrá ser menor que el de cualquiera de los orificios de salida de los aparatos sanitarios que descarguen en él (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.5.1.3.1. Colectores colgados.

Realizan su recorrido bajo el techo del primer subsuelo de la edificación, suspendido a este mediante abrazaderas, con el objetivo de evacuar el agua por gravedad, conectan directamente con la acometida de saneamiento de la edificación (Soriano & Pancorbo, 2012). Deberán tener una pendiente mínima del 1%.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, deben disponerse de registros de limpiezas constituidos por piezas especiales, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 m.

3.6.5.1.3.2. Colectores enterrados.

Los tubos deben disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas, situados por debajo de la red de distribución de agua potable (Soriano & Pancorbo, 2012). Las tuberías tendrán una pendiente mínima de evacuación del 2%, lo que dará lugar a las cotas de entrada y salida de los pozos. La acometida de las bajantes a esta red se hará con un pozo de inspección al pie de la bajante y se dispondrán registros de manera que no disten a más 15 m entre ellos (Soriano & Pancorbo, 2012).

La profundidad de las zanjas debe estar de acuerdo con el diámetro de la tubería a instalar y en ningún caso será menor de 0.30 m de la corona del tubo a la superficie del terreno (Soriano & Pancorbo, 2012). En caso de que esté sujeta a tránsito, el enterramiento no deberá ser menor de 0.60 m de la corona del tubo a la superficie y el recorrido longitudinal deberá tener una pendiente mínima del 2 % (Soriano & Pancorbo, 2012).



Ilustración 47. Red de colectores enterrados.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.5.1.4. Bajantes sanitarias o columnas.

Canalización vertical que recibe las aguas residuales de las derivaciones horizontales provenientes de los ramales colectores ubicados en los diferentes niveles de la edificación y las conducen hacia los colectores generales que desembocaran en la red de alcantarillado.

Deben ir colocados dentro de ductos especiales, cuyas dimensiones variarán en función del tamaño de la tubería y el número de canalizaciones verticales necesarias. Su instalación debe evitarse en la medida de lo posible en elementos estructurales tales como vigas y columnas.

Las bajantes deben realizarse preferentemente sin desviaciones y con un diámetro uniforme a menos que existan obstáculos infranqueables, en ese caso la bajante podrá formar máximo un ángulo de 45° con la vertical y el diámetro no disminuirá en sentido de la corriente nunca, podrá disponerse de un aumento de diámetro cuando acometan a la bajante caudales mayores que los situados aguas arriba (Soriano & Pancorbo, 2012).

En edificaciones con más de 10 pisos es recomendable interrumpir la verticalidad de la bajante, con el fin de disminuir el posible impacto de caída, para esto, la desviación

deberá estar dotada de accesorios especiales; el ángulo de la desviación con la vertical debe ser superior a 60° , a fin de evitar posibles atascos (Soriano & Pancorbo, 2012).

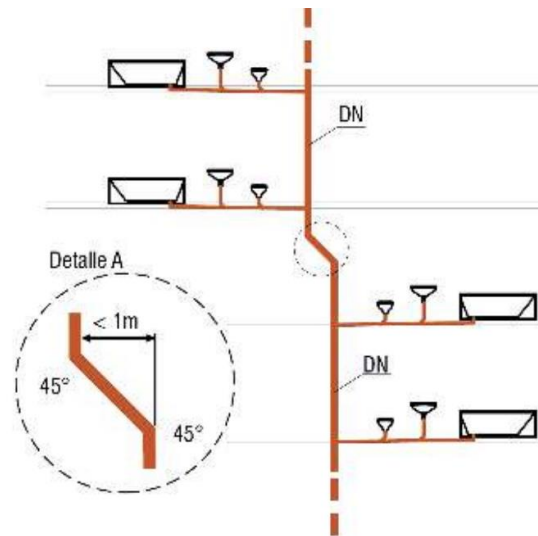


Ilustración 48. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo I.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

El desplazamiento de la tubería no debe ser superior a 1 m para evitar que en el tramo oblicuo el flujo sufra una aceleración que cause ruido debido al impacto contra la continuidad vertical de la bajante. Para realizar dicha desviación el codo empleado no podrá ser mayor a 45° , debido a que también el uso de ángulos superiores incrementará el nivel de ruido debido al aumento de aceleración (Soriano & Pancorbo, 2012).

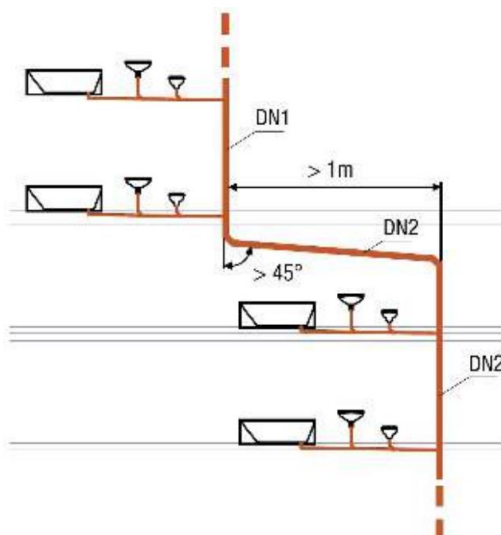


Ilustración 49. Interrupción en la verticalidad de la bajante. Ejemplo II.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

En el caso de que la bajante requiera un cambio de dirección superior a 45° o un tramo horizontal de una longitud superior a 1 m es necesario respetar los siguientes apartados:

- El tramo horizontal debe ser dimensionado como un colector, conservando una velocidad del flujo no inferior a 0.6 m/s para evitar la separación de los elementos sólidos que transitan por él (Soriano & Pancorbo, 2012).
- El diámetro de la columna que continúa después del colector de evacuación debe ser por lo menos igual que este (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.5.1.5. Caja de revisión o inspección.

Elemento que permite hacer una revisión visual de la tubería de desagües para poder realizar arreglos en caso de ser necesario, así como facilitar la limpieza o desobstrucción, y en un futuro permitir el mantenimiento de la red de tuberías. Además, es recomendable que la conexión de desagüe de aguas residuales al alcantarillado se haga mediante una caja de revisión.

Deberán construirse con materiales impermeables y en el interior deben evitarse superficies rugosas o ásperas, también debe considerarse las cargas a la que estará sometida la tapa, así como debe tomar en cuenta el correcto sellado para prevenir el escape de gases.

Se deben instalar cajas de registro en todo cambio de dirección, pendiente, material o diámetro y cada 15 m de largo como máximo, en tramos rectos. Únicamente puede acometer un colector por cada cara de caja de registro, de manera que el ángulo formado por el colector y la salida sea mayor a 90°.

3.6.5.1.6. Trampa de grasa.

Depósitos o cajas utilizadas para separar las grasas y aceites de las aguas residuales, debido a que estas pueden afectar al funcionamiento de la red, y son instalados donde exista grasa en cantidad suficiente para afectar el buen funcionamiento del sistema de desagüe, tal es el caso de restaurantes, locales que expenden comida rápida, bares, hoteles, fábricas, hospitales, etc.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud (2003), los separadores de grasas deberán cumplir los siguientes requisitos generales:

- Deben instalarse en una localización que sea accesible para su limpieza y cerca del accesorio que descarga los desperdicios grasosos.
- La capacidad mínima de la trampa de grasa es 300 litros.
- En el caso de grandes instalaciones como hospitales o restaurantes, deberán considerar la instalación de dos trampas de grasa.
- No es obligatorio diseñar trampa de grasa para viviendas unifamiliares.
- Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.
- Ser de tamaño adecuado para garantizar una superficie de agua suficiente que facilite un rápido enfriamiento y solidificación de la grasa.

- Tener la entrada y salida sumergidas para que la grasa pueda flotar en la superficie sin ser alterada por la descarga.

3.6.5.2. Requisitos de diseño.

3.6.5.2.1. Generales.

Algunos de los siguientes requisitos han sido extraídos del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias del MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA (2011); las instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales deben ser diseñadas cumpliendo los siguientes requisitos:

- La instalación de las tuberías, tanto verticales como horizontales, debe ser de preferencia rectilínea, con el fin de permitir un escurrimiento rápido de las aguas residuales, con velocidades que permitan el arrastre de las excretas y materia en suspensión.
- Las tuberías y accesorios de los sistemas de desagüe de aguas servidas deben ser de material durable y libre de desperfectos de fabricación.
- La disposición final de las aguas residuales domiciliarias podrá ser realizada de acuerdo con las siguientes alternativas:
 - En el sistema de la red pública de alcantarillado sanitario mediante caja de revisión.
 - En un sistema descentralizado, en caso de ausencia de una red pública de alcantarillado sanitario.
- Los aparatos sanitarios que se conectan al sistema de agua servidas deberán equiparse con un sello hidráulico.
- Toda instalación de aguas residuales debe ser dotada de ventilación primaria y/o secundaria, con el fin de evitar la ruptura de los sellos hidráulicos y evacuar hacia la atmósfera los gases procedentes de los colectores sanitarios.
- En edificios de altura deberá preverse áreas especiales, ductos, en cada piso para dar paso a las bajantes donde se empotren las mismas y se facilite el mantenimiento.

- Se permitirá utilizar un mismo ducto o espacio para la colocación de las tuberías de desagüe y abastecimiento, siempre que exista una separación mínima de 0.20 m entre sus generatrices más próximas.
- Todas las bajantes y tuberías horizontales suspendidas deben ser instaladas sólidamente con abrazaderas sujetas a elementos no estructurales de tal modo que se garantice la estabilidad, verticalidad o pendientes adoptadas en el diseño.
- Los colectores suspendidos deben ser instalados con pendientes constantes y no menores a las previstas en el diseño.
- El diseño del recorrido para las tuberías de desagüe en la planta baja será tal que el agua deberá ir directamente a la caja de revisión.
- Se prohíbe el paso de tuberías de aguas residuales por la cubierta o interior de los tanques de almacenamiento de agua potable.

3.6.5.2.2. *Pendiente.*

- Las tuberías horizontales del sistema de desagüe de aguas servidas con diámetros nominales iguales o menores a 75 mm deberán ser instalados con una pendiente mínima del 2% (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).
- Las tuberías horizontales del sistema de desagüe de aguas servidas con diámetros nominales iguales o mayores a 100 mm deberán ser instalados con una pendiente mínima del 1% (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

En caso de que se presenten obstáculos que no permitan proporcionar la pendiente estimada se utilizará una pendiente mínima del 1%, siempre y cuando se garantice la autolimpieza de la tubería.

3.6.5.2.3. *Velocidad del flujo.*

Los límites óptimos de la velocidad de circulación del flujo es tal que garantice la evacuación del caudal de diseño, los cuales a condición de tubo lleno son:

3.6.5.2.3.1. Derivaciones simples, derivaciones en colector y colectores generales (Tuberías horizontales).

- *Velocidad mínima:* 0.6 m/s.

Con el propósito de garantizar la autolimpieza, evitando así el estancamiento de materia orgánica o sedimentos en el sistema de desagüe de agua residuales.

- *Velocidad máxima:* 2.5 m/s.

3.6.5.2.3.2. Bajantes (Tuberías verticales).

- *Velocidad máxima:* 5 m/s.

A fin de evitar afectar los componentes del sistema de desagüe de aguas residuales por el efecto de erosión que mayores velocidades pueden provocar.

3.6.5.2.4. Hidráulica de desagües.

Las tuberías de desagüe deben funcionar a flujo libre, es decir el flujo no debe ser a tubo lleno, debido a que es necesario dejar una sección para la circulación adecuada de aire; el flujo a tubo lleno produce fluctuaciones de presión lo cual puede llegar a destruir los sellos hidráulicos (Morales, y otros, 2010).

Para evitar condiciones de funcionamiento inadecuadas la tubería debe funcionar al 50% de su profundidad, y como máximo en casos extremos al 75% (Morales, y otros, 2010).

Las fórmulas necesarias la verificación se expondrán a continuación:

- Caudal a tubo lleno.

$$Q_o = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

n : Coeficiente de rugosidad.

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

S : Pendiente. [m/m]

Tabla 156. *Coefficiente de rugosidad de Manning.*

Material de la tubería	Coefficiente de rugosidad n
Plástico (PVC)	0.009
Metal liso	0.017
Acero galvanizado	0.016
Hierro fundido (nuevo)	0.012

Fuente: Elaboración propia.

- Velocidad a tubo lleno.

$$V_o = \frac{Q_o}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

Donde:

V_o : Velocidad media del fluido, a tubería llena. [m/s]

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

$$0.6 \frac{m}{s} \leq V_o \leq 2.5 \frac{m}{s}$$

- Relación de cálculo Q_d/Q_o .

$$\frac{Q_d}{Q_o}$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño. [m³/s]

Q_o : Caudal a tubería llena. [m³/s]

Tabla 157. Variación de caudal en función de la altura de llenado. Tabla de Thormann y Franke.

Q_d/Q_o	d/D	Q_d/Q_o	d/D
0.000	0.000	0.510	0.506
0.010	0.068	0.520	0.512
0.020	0.095	0.530	0.519
0.030	0.116	0.540	0.525
0.040	0.134	0.550	0.531
0.050	0.149	0.560	0.537
0.060	0.163	0.570	0.543
0.070	0.176	0.580	0.550
0.080	0.188	0.590	0.556
0.090	0.200	0.600	0.562
0.100	0.211	0.610	0.568
0.110	0.221	0.620	0.575
0.120	0.231	0.630	0.581
0.130	0.241	0.640	0.587
0.140	0.250	0.650	0.594
0.150	0.259	0.660	0.600
0.160	0.268	0.670	0.607
0.170	0.276	0.680	0.613
0.180	0.285	0.690	0.620

0.190	0.293	0.700	0.626
0.200	0.301	0.710	0.633
0.210	0.309	0.720	0.640
0.220	0.316	0.730	0.646
0.230	0.324	0.740	0.653
0.240	0.331	0.750	0.660
0.250	0.339	0.760	0.667
0.260	0.346	0.770	0.675
0.270	0.353	0.780	0.682
0.280	0.360	0.790	0.689
0.290	0.367	0.800	0.697
0.300	0.374	0.810	0.705
0.310	0.381	0.820	0.713
0.320	0.387	0.830	0.721
0.330	0.394	0.840	0.729
0.340	0.401	0.850	0.738
0.350	0.407	0.860	0.747
0.360	0.414	0.870	0.756
0.370	0.420	0.880	0.766
0.380	0.426	0.890	0.775
0.390	0.433	0.900	0.786
0.400	0.439	0.910	0.797
0.410	0.445	0.920	0.808
0.420	0.451	0.930	0.821
0.430	0.458	0.940	0.834
0.440	0.464	0.950	0.849

0.450	0.470	0.960	0.865
0.460	0.476	0.970	0.883
0.470	0.482	0.980	0.905
0.480	0.488	0.990	0.935
0.490	0.494	1.000	1.00
0.500	0.500		

Fuente: (Thormann y Franke).

- Calado o tirante de agua.

$$d = \frac{d}{D} * D$$

Donde:

$\frac{d}{D}$: Profundidad hidráulica máxima, determinada en función de la relación de cálculo Q_d/Q_o , determinado por la tabla de Thormann y Franke.

d : Calado o tirante de agua. [m]

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

- Profundidad hidráulica máxima.

$$\frac{d}{D}$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

$$0.50 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$$

- Área mojada y perímetro mojado para tubería parcialmente llena.

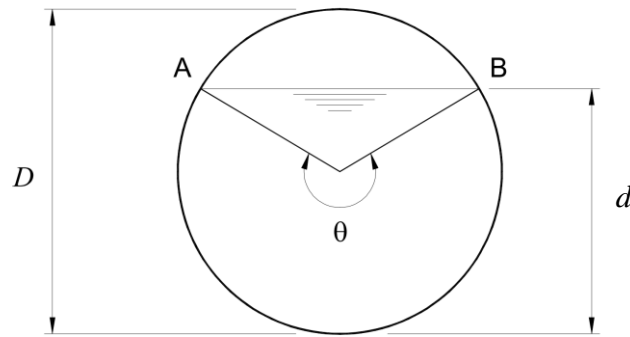


Ilustración 50. Sección de tubo parcialmente lleno.

Fuente: (Rocha, 2010).

$$A_m = \frac{(\theta - \text{sen}\theta) * D^2}{8}$$

$$P_m = \frac{\theta * D}{2}$$

Donde:

A_m : Área mojada, a tubo parcialmente lleno. [m²]

P_m : Perímetro mojado, a tubo parcialmente lleno. [m]

θ : Ángulo interno. [rad]

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * d}{D} \right)$$

Donde:

d : Calado o tirante de agua. [m]

- Radio hidráulico para tubería parcialmente llena.

$$r_h = \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) * \frac{D}{4}$$

Donde:

r_h : Radio hidráulico, a tubo parcialmente lleno. [m]

- Velocidad para tubería parcialmente llena.

$$v = \frac{1}{n} * r_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v : Velocidad media del fluido, a tubo parcialmente lleno. [m/s]

n : Coeficiente de rugosidad de Manning.

r_h : Radio hidráulico, a tubo parcialmente lleno. [m]

S : Pendiente. [m/m]

3.6.5.2.5. Fuerza tractiva.

La fuerza tractiva es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector, así como en el material en él depositado. La fuerza tractiva busca establecer una pendiente adecuada tal que sea capaz de provocar una tensión para arrastrar el material depositado en la tubería, garantizando así la autolimpieza.

Su aplicación posibilita el control de la erosión, sedimentación y presencia de sulfatos (Pérez Carmona, 2015).

$$F = \gamma * R_h * S$$

Donde:

F : Fuerza tractiva. [kg/m²]

γ : Peso específico del líquido. [1000 kg/m³]

R_h : Radio hidráulico, a tubo lleno. [m]

S : Pendiente. [m/m]

$$R_h = \frac{D}{4}$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería. [m]

La fuerza tractiva mínima es de 0.15 kg/cm².

$$F \geq 0.15 \frac{kg}{m^2}$$

3.6.5.3. Dimensionamiento.

La unidad de descarga o unidad de desagüe es un factor numérico que representa la contribución de aguas residuales de un aparato sanitario, cada unidad es equivalente a un caudal de desagüe de 0.47 L/s correspondiente a un lavabo común (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA, 2011).

3.6.5.3.1. Dimensionamiento de ramales de artefacto o derivaciones simples.

Para dimensionar las derivaciones simples, se debe comenzar con la asignación de UD a cada aparato sanitario según su uso.

En la tabla mostrada a continuación se presentan las diferentes unidades de desagüe correspondiente a cada aparato sanitario o grupo de estos.

Tabla 158. Diámetros para aparatos sanitarios y grupos.

Tipo de aparato sanitario o accesorio	Unidades de descarga UD	Dimensión mínima del sifón y derivación individual mm (pulgadas)
Lavadora automática para ropa, comercial ^a	3	50 (2)
Lavadora automática para ropa, residencial	2	50 (2)

Grupo sanitario (6.1 Lpd inodoro)^e	5	-
Grupo sanitario (lavado del inodoro mayor a 6.1 Lpd)^e	6	-
Tina^b (con o sin ducha, o accesorios de hidromasaje)	2	38 (1 ½)
Bidé	1	32 (1 ¼)
Combinación de lavaplatos y triturador de desperdicios	2	38 (1 ½)
Lavabo dental	1	32 (1 ¼)
Unidad o escupidera dentales	1	32 (1 ¼)
Lavavajillas automática, doméstico	2	38 (1 ½)
Bebedero	1/2	32 (1 ¼)
Desagüe de emergencia para pisos	0	50 (2)
Desagües de piso	2	50 (2)
Lavaplatos de cocina, doméstico	2	38 (1 ½)
Lavaplatos de cocina con triturador de desperdicios y/o lavavajillas	2	38 (1 ½)
Bandeja para el lavado de ropa (1 o 2 compartimientos)	2	38 (1 ½)
Lavamanos	1	32 (1 ¼)
Ducha (basado en el gasto total nominal a través de cabezales de la ducha y		

rociadores de cuerpo o duchas de mano)		
Gasto nominal:		
0.36 L/s o menos	2	38 (1 ½)
Más de 0.36 L/s hasta 0.78 L/s	3	50 (2)
Más de 0.78 L/s hasta 1.63 L/s	5	75 (3)
Más de 1.63 L/s hasta 3.51 L/s	6	100 (4)
Fregadero de servicio	2	38 (1 ½)
Fregadero	2	38 (1 ½)
Urinario	4	c
Urinario, 3.8 litros por descarga o menos	2 ^d	c
Urinario, sin suministro de agua	1/2	c
Lavatorio de aseo (circular o múltiples) cada juego de llaves	2	38 (1 ½)
Inodoro, tanque fluxómetro, público o privado	4 ^d	c
Inodoro, privado (6.1 Lpd)	3 ^d	c
Inodoro, privado (lavado mayor a 6.1 Lpd)	4 ^d	c
Inodoro, público (6.1 Lpd)	4 ^d	c
Inodoro, público (lavado mayor a 6.1 Lpd)	6 ^d	c

Factores de conversión:

1 L = 0.26 galón.

1 gpm = 0.06309 L/s.

Lpd: Litros por descarga.

Grupo sanitario: Grupo de artefactos que conformado por un inodoro, lavamanos, tina o ducha incluyendo o no un bidé, un desagüe de piso de emergencia o ambos; dichos artefactos están ubicados juntos en el mismo nivel de piso (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

^a Para sifones de más de 3 pulgadas, utilizar la tabla denominada “Diámetros para aparatos sanitarios y grupos”.

^b Una ducha sobre una tina o una tina de hidromasaje no aumenta el valor unitario de desagüe del aparato.

^c La dimensión del sifón debe ser consistente con la dimensión de la boca de salida del aparato.

^d Con el propósito de calcular las cargas en las redes y desagüe de edificaciones, los inodoros y urinarios no se deben medir en una unidad de aparato de desagüe más baja, a menos que valores más bajos sean confirmados por ensayos. Además, se debe considerar que la dimensión mínima de los ramales para inodoros es de 110 mm.

^e Para aparatos agregados a grupos sanitarios de unidades habitacionales, agregar el valor unidad de aparato de desagüe de aquellos aparatos agregados al total del grupo de aparatos sanitarios.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Para los aparatos no incluidos en la tabla denominada “Diámetros para aparatos sanitarios y grupos” se debe dar una unidad de descarga de acuerdo con la dimensión de la salida del desagüe del aparato conforme con la tabla presentada a continuación. La dimensión mínima para el sifón de aparatos no incluidos debe ser el de la dimensión nominal de la salida de descarga, pero nunca inferior a 32 mm (1 ¼ pulgadas) (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Tabla 159. *Unidades de descarga para aparatos sanitarios o sifones.*

Desagüe de aparato o sifón mm (pulgadas)	Unidades de descarga UD
32 (1 ¼)	1
38 (1 ½)	2
50 (2)	3
63 (2 ½)	4
75 (3)	5
100 (4)	6

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.5.3.2. Dimensionamiento de ramales colectores o derivaciones en colector.

Para dimensionar las derivaciones en colector, se debe considerar la pendiente de la tubería y la sumatoria de las unidades de descarga que desembocan en el tramo del ramal colector analizado. En general, los ramales sanitarios deberán tener la mayor inclinación posible, según el espacio disponible.

Tabla 160. *Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante.*

Diámetro mm	Pendiente en porcentaje (%)		
	1%	2%	4%
	Máximo número de UD en función de la pendiente		
32	-	1	1
40	-	2	3
50	-	6	8
63	-	11	14
75	-	21	28
90	47	60	75

110	123	151	181
125	180	234	280
160	438	582	800
200	870	1150	1680

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.5.3.3. Dimensionamiento de colectores generales de aguas residuales.

Las pendientes de los colectores deben garantizar la evacuación de las aguas residuales y estarán comprendidas entre el 1% y el 4%, sin embargo, se recomiendan que no sean inferiores al 2%; además el diámetro del colector podrá aumentar en función del número de bajantes que recepte a lo largo de su recorrido (Soriano & Pancorbo, 2012).

A continuación se muestra los diámetros de las tuberías de colector según la pendiente de la tubería y las unidades de desagüe a evacuar.

Tabla 161. *Diámetros de colectores generales.*

Diámetro de la tubería	Pendiente en porcentaje (%)		
	1%	2%	4%
mm (pulgadas)	Máximo número de unidades de descarga de aparatos conectados a los colectores generales		
32 (1 ¼)	-	1	1
38 (1 ½)	-	3	3
50 (2)	-	21	26
63 (2 ½)	-	24	31
75 (3)	36	42	50
100 (4)	180	216	250
125 (5)	390	480	575
150 (6)	700	840	1000

200 (8)	1600	1920	2300
250 (10)	2900	3500	4200
300 (12)	4600	5600	6700
380 (15)	8300	10000	12000

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.5.3.4. Dimensionamiento de bajantes sanitarias.

El diámetro de las bajantes se obtiene con el mayor de los valores de UD, obtenidos de la suma de las UD de todas las derivaciones en colector que desembocan en la bajante a dimensionar (Soriano & Pancorbo, 2012).

Tabla 162. *Diámetros para bajantes.*

Diámetro de la tubería mm (pulgadas)	Máximo número de unidades de descarga		
	<i>Bajantes ^a</i>		
	<i>Total a un intervalo de ramal</i>	<i>Total de bajante de 3 intervalos de ramal o menos</i>	<i>Total para bajante mayor de tres intervalos de ramal</i>
38 (1 ½)	2	4	8
50 (2)	6	10	24
63 (2 ½)	9	20	42
75 (3)	20	48	72
100 (4)	90	240	500
125 (5)	200	540	1100
150 (6)	350	960	1900
200 (8)	600	2200	3600
250 (10)	1000	3800	5600

300 (12)	1500	6000	8400
380 (15)	b	b	b

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

Cuando se hagan previsiones para la futura instalación de aparatos sanitarios, estos deben considerarse para determinar los tamaños requeridos de los tubos de desagüe (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.5.4. Diseño de la trampa de grasas.

3.6.5.4.1. Caudal de diseño.

La determinación del caudal de diseño se elaborará a partir de las unidades de gasto según lo indicado en la tabla a continuación.

Tabla 163. *Unidades de gasto de aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas.*

Aparatos sanitarios	Tipo	Unidad de gasto^a
Lavadero de cocina	Múltiple	2
Lavadero de repostería	Hotel restaurante	4
Lavadero de ropa		3

^a Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada grifo instalado en el lavadero.

Fuente: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente ; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud, 2003).

El caudal máximo se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0.3 * \sqrt{\Sigma p}$$

Donde:

Q : Caudal máximo. [L/s]

Σp : Sumatoria de todas las unidades de gasto de los aparatos sanitarios que desembocan en la trampa de grasas.

3.6.5.4.2. *Volumen de diseño*

El volumen de la trampa de grasa se calcula para un período de retención entre 2.5 a 3.0 minutos. Y tendrá una capacidad mínima de 300 L.

3.6.5.4.3. *Capacidad de la trampa de grasas.*

Las trampas de grasa deben tener la capacidad de retención de grasa indicada en la tabla presentada a continuación, para el caudal continuo indicado.

Tabla 164. *Capacidad de interceptores de grasa^a.*

Caudal L/s (gpm)	Capacidad de retención de grasas kg (lb)
0.25 (4)	3.63 (8)
0.38 (6)	5.45 (12)
0.44 (7)	6.36 (14)
0.57 (9)	8.17 (18)
0.63 (10)	9.08 (20)
0.76 (12)	10.90 (24)
0.88 (14)	12.71 (28)
0.95 (15)	13.62 (30)
1.14 (18)	16.34 (36)
1.26 (20)	18.16 (40)
1.58 (25)	22.70 (50)
2.21 (35)	31.78 (70)
3.15 (50)	45.40 (100)

4.73 (75)	68.10 (150)
6.31 (100)	90.80 (200)

Factores de conversión:

1 gpm = 0.06309 L/s.

1 libra = 0.454 kg.

a Para caudales mayores a 6.3 L/s (100 gpm), duplicar el caudal total para determinar la capacidad de retención de grasas.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.5.4.4. Características de la trampa.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud (2003), las características de las trampas de grasas son:

- La relación larga: ancho del área en planta, deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad no deberá ser menor a 0.80 m.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0.15 m por debajo del nivel de líquido.
- La tubería de salida deberá estar como mínimo 5 cm por abajo del nivel de la tubería de entrada.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0.05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar a una distancia entre 0.075 m y 0.15 m desde el fondo.

- El tanque tendrá un borde libre de 0.30 m, espacio libre el nivel superior del líquido y la parte inferior de la tapa.
- La trampa debe constar dos cámaras, una receptora y otra vertedora, separadas por una división. La parte sumergible de la pared divisoria debe tener una profundidad de no menor de 0.20 m, medida desde la generatriz inferior de la tubería de salida.

3.6.5.5. *Diseño de caja de revisión.*

Todo sistema de desagüe domiciliario deberá estar dotado de suficiente número de cámaras de revisión y de inspección de manera que se facilite su limpieza y mantenimiento, la distancia entre estas no debe superar los 15 m.

Podrán ubicarse en los siguientes puntos singulares:

- Arranque.
- Cambio de dirección.
- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambio de material.
- Intersecciones.
- Caídas.

La caja de revisión debe tener dimensiones mínimas interiores de 40 x 40 cm.; dicha dimensión es útil hasta una profundidad de 60 cm.; para mayores profundidades se incrementa el largo y el ancho en función de la profundidad; si se sobredimensiona se convierte en un sedimentador (Ministerio de Fomento., 2019).

Las dimensiones mínimas de las cajas de revisión serán las indicadas en la tabla a continuación.

Tabla 165. *Dimensiones de caja de revisión.*

Diámetro del colector de salida (mm)

	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>350</i>	<i>400</i>	<i>450</i>	<i>500</i>
L x A (cm)	40x40	50x50	60x60	60x70	70x70	70x80	80x80	80x90	90x90

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

3.6.5.6. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de desagüe de aguas residuales. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

3.6.5.6.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de desagüe de aguas residuales para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Ocupación actual y/o futura.
- Usos.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones de desagüe de aguas residuales.

3.6.5.6.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar todos los aparatos sanitarios en la vista en planta, así como la ubicación de la posible ubicación de derivaciones simples, colectores y bajantes.
3. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación, mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.

4. Elegir el sistema de evacuación que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto.
5. Realizar el trazado de la red de desagüe, tanto de los tramos verticales como horizontales, de tal manera que el sistema evacue todos los aparatos sanitarios; considerando todos los accesorios necesarios tales como codos, tees, entre otros. El trazado debe realizarse por áreas, es decir se forman pequeñas redes de desagüe internos, garantizando que se puedan realizar reparaciones sin afectar a otras redes. Establecer los recorridos más cortos desde las derivaciones hacia los bajantes.
6. Enumerar los aparatos sanitarios y nudos de descarga, la enumeración deberá seguir la dirección del recorrido del agua e inicia desde el aparato más lejano hacia la desembocadura a la bajante de descarga.
7. Asignar una pendiente de recorrido para los colectores en función del espacio disponible para su desarrollo, siendo el valor mínimo 1% y el máximo 4%.
8. A cada uno de los aparatos sanitarios enumerados se les asignará su respectivo número de unidades de descarga según su uso, para ello se debe ingresar a la tabla “Dimensionamiento de ramales de artefacto o derivaciones simples.”. De esta manera conoceremos el diámetro mínimo de la derivación individual y del sifón que se necesita para evacuar las aguas servidas de dicho aparato sanitario.
9. Se procede a dimensionar las derivaciones en colector y para ello es importante identificar el ramal horizontal principal de cada una de las pequeñas redes de evacuación interna y el número total de unidades de descarga o desagüe que concurren en dicho ramal. Este será aquel que tenga la mayor distancia entre el aparato sanitario y la bajante.
10. A partir del total de unidades de descarga calculado, se obtiene un caudal de diseño, partiendo de la consideración de que 1 UD es equivalente a 0.47 L/s.
11. Con el número total de unidades de descarga y la pendiente proyectada del recorrido, se debe ingresar a la tabla denominada “Diámetros de ramales sanitarios entre aparatos sanitarios y bajante.”, e identificar el diámetro de la derivación en colector establecido por las tablas de diseño.

12. Asignar un diámetro comercial a la tubería e identificar su diámetro interno, en función del resultado obtenido en el paso anterior y de acuerdo con la realidad comercial ecuatoriana.
13. Con el diámetro comercial interno de la tubería asignado en el paso anterior se debe volver a recalcular el caudal a sección llena, como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”.
14. A partir del caudal a sección llena encontrado se procede a calcular la velocidad a sección llena, dividiendo el caudal a sección llena para el área de la tubería considerando el diámetro comercial interno; como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”.
15. Con el fin de verificar se cumpla el requisito de velocidad mínima y máxima estipuladas como límite inferior 0.6 m/s y como límite superior 2.5 m/s, para tubo lleno. En caso de no cumplirse con los límites requeridos, se deberá variar la pendiente o el diámetro del colector, considerado un diámetro comercial, según el criterio del especialista.
16. Calcular la relación entre el caudal de diseño y el caudal a sección llena con diámetro comercial, Q_d/Q_o .
17. Con el valor de la relación Q_d/Q_o se deberá ingresar a la tabla propuesta por Thormann y Franke, denominada “Variación de caudal en función de la altura de llenado.”, con el fin de hallar la relación d/D .
18. Del valor d/D hallado anteriormente, siendo “D” el valor del diámetro comercial, se despeja “d” y se obtiene el valor del calado.
19. Una vez conocido el valor de “d”, se calculará la profundidad hidráulica máxima, ejecuta la ecuación d/D y el resultado deberá estar entre el 50% y 75%, como se indica en la sección denominada “Hidráulica de desagües.”. Cumpliendo con esta relación se adopta a los diámetros comerciales asignados como definitivos.
20. Calcular las relaciones hidráulicas para la tubería asignada; área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico para la tubería parcialmente llena.

21. Calcular la velocidad con de la ecuación de Manning a partir del radio hidráulico y la pendiente asignada.
22. Calcular la fuerza tractiva, según indica la sección denominada “Fuerza tractiva.”, respetando el límite mínimo de 0.15 kg/m^2 .
23. A continuación, se procede a dimensionar la bajante, es decir el ducto vertical que evacua las aguas residuales de todos los pisos, de acuerdo con el número total de unidades de descarga que recibe cada bajante por parte de los colectores de evacuación, se debe ingresar a la tabla denominada “Diámetros para bajantes.”, considerando el número de pisos.
24. La bajante se diseña para el total de unidades que llegan a su base, se debe considerar que el diámetro de los bajantes no debe disminuir en el sentido del flujo.
25. Con las unidades totales de descarga para cada una de las bajantes se procede a diseñar los colectores generales, que son las encargadas de evacuar las aguas residuales fuera de la edificación. Para determinar el diámetro de la tubería se ingresa a la tabla “Diámetros de colectores generales.”, en conjunto con la pendiente de recorrido asignada. Además debe realizarse el mismo procedimiento que para los ramales colectores, descrito en las secciones denominadas “Hidráulica de desagües.” y “Fuerza tractiva.”.

3.6.5.6.3. Tabla.

Para elaborar las tablas utilizadas en el proceso de dimensionamiento es necesario identificar todos los tramos de la red de evacuación de aguas residuales y sus características individuales, es decir, ubicación, longitud total, material de la tubería, accesorios, etc., así como otros datos que faciliten el llenado de la tabla.

A continuación, se presenta una secuencia a seguir para el dimensionamiento de tuberías de una red de evacuación de aguas residuales.

3.6.5.6.3.1. Dimensionamiento de derivaciones simples o ramales de artefacto.

A cada uno de los aparatos sanitarios que conforman el sistema se les asignará su respectivo número de unidades de descarga y diámetro, y se empleara la siguiente tabla.

Tabla 166. *Tabla de dimensionamiento de derivaciones simples.*

Aparato sanitario	Unidades de descarga UD	Diámetro de la derivación simple (mm)
$\sum UD$		

Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario: Aparato sanitario del cual se está dimensionando la derivación simple.

Unidades de descarga: Unidades de descarga o desagüe del aparato sanitario analizado.

Diámetro de la derivación simple: Diámetro interno de la tubería, correspondiente a la derivación simple analizada.

$\sum UD$: Sumatoria de las unidades de descarga, la sumatoria debe realizarse según las derivaciones simples que desembocan en cada tramo del ramal colector.

3.6.5.6.3.2. Dimensionamiento de derivaciones en colector o ramales colectores.

Tabla 167. *Tabla de dimensionamiento de derivaciones en colector.*

Ramal colector	Pendiente S (%)	Sumatoria de unidades de descarga $\sum UD$	Diámetro del ramal colector, según tablas Dt (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro comercial del ramal colector: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

Caudal de diseño: Caudal de descarga en el ramal colector, caudal de diseño, dado por la transformación de unidades de descarga a caudal.

- *Cálculo del caudal y velocidad a sección llena, relación de cálculo Q_d/Q_o .*

Tabla 169. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte II.*

...	Caudal a tubería llena Q_o (L/s)	Velocidad a tubería llena V_o (m/s)	Comprobación de límites de velocidad a tubería llena	Relación de cálculo Q_d/Q_o

Fuente: Elaboración propia.

Caudal a tubería llena: Caudal con el cual la tubería trabajaría a presión.

Velocidad a tubería llena: Velocidad a tubería llena, con la cual la tubería trabajaría a presión.

Comprobación de límites de velocidad a tubería llena: Comprobación de los límites superior e inferior para la velocidad a tubo lleno, en caso de no cumplir cambiar de diámetro hasta cumplir los límites, considerando los diámetros comerciales disponibles en el mercado ecuatoriano.

Relación de cálculo Q_d/Q_o : Valor de la relación entre el caudal de diseño y el caudal de circulación a tubo lleno.

- *Determinación de la profundidad hidráulica máxima (d/D) y cálculo de calado.*

Tabla 170. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte III.*

...	Profundidad hidráulica máxima d/D	Comprobación de límites de la profundidad hidráulica máxima	Calado en la tubería d (m)

Fuente: Elaboración propia.

Profundidad hidráulica máxima: Relación d/D, determina a partir de la relación de cálculo Q_d/Q_o , según la tabla de Thormann y Franke.

Comprobación de límites de la profundidad hidráulica máxima: Comprobación de los límites superior e inferior de la profundidad hidráulica máxima, en caso de no cumplir cambiar de diámetro, considerando los diámetros comerciales disponibles en el mercado ecuatoriano, hasta cumplir los límites.

Calado en la tubería: Altura de la lámina de agua que circula por la tubería.

- *Cálculo de relaciones hidráulicas: área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico para la tubería parcialmente llena y ángulo interno del calado de la tubería.*

Tabla 171. *Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte IV.*

...	Ángulo interno θ (rad)	Área mojada a tubo parcialmente lleno A_m (m²)	Perímetro mojado a tubo	Radio hidráulico a tubo

	parcialmente lleno P_m (m)	parcialmente lleno r_h (m)

Fuente: Elaboración propia.

Ángulo interno: Ángulo interno del calado de la tubería.

Área mojada a tubo parcialmente lleno.

Perímetro mojado a tubo parcialmente.

Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno.

- *Cálculo de velocidad a tubo parcialmente lleno, fuerza tractiva y definición de diámetro comercial de la tubería.*

Tabla 172. Tabla de comprobación de diámetros de ramales colectores según la hidráulica de desagües y fuerza tractiva. Parte V.

...	Velocidad a tubo parcialmente lleno v (m/s)	Radio hidráulico a tubo lleno R_h (m)	Fuerza tractiva F (kg/m ²)	Verificación de fuerza tractiva mínima	Diámetro comercial del ramal colector D_c (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad a tubo parcialmente lleno.

Radio hidráulico a tubo lleno.

Fuerza tractiva: Fuerza necesaria para arrastrar los materiales depositados en el fondo de las tuberías.

Verificación de fuerza tractiva mínima: Se coloca como check list u “ok” siempre y cuando cumpla la fuerza tractiva mínima.

Diámetro comercial del ramal colector: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

3.6.5.6.3.4. Dimensionamiento de bajantes.

El diámetro de la bajante está regido por la altura de la bajante y las unidades de descarga que desembocan en esta, los diámetros son asignados según lo recomendado en la tabla “Diámetros de los bajantes según la altura de la edificación y el número de UD.” o la tabla “Unidades de desagüe para ramales colectores y bajantes”, según el método escogido.

Tabla 173. *Tabla de dimensionamiento de bajantes.*

Bajante	UD por piso	Acumulado de unidades de descarga por piso	Diámetro de la bajante, según tablas D (mm)	Diámetro comercial de la bajante Dc (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Bajante: Enumeración de la bajante de inicio a fin del tramo, de acuerdo con lo establecido en los planos, identificando así el tramo a analizar, iniciando por el último piso alto de la edificación.

UD por piso: Total de unidades de descarga por piso que desembocan en el tramo de bajante analizado.

Acumulado de unidades de descarga por piso: Sumatoria de las unidades de descarga según como van desembocando en la bajante.

Diámetro de la bajante, según tablas: Diámetro interno de la tubería, correspondiente al tramo de bajante analizado, esto según tablas de diseño.

Diámetro comercial de la bajante: Diámetro comercial de la tubería en el tramo analizado, disponible en el mercado ecuatoriano.

3.6.5.6.3.5. Dimensionamiento de colectores generales.

El dimensionamiento del colector sigue el mismo procedimiento de los ramales colectores. Las principales diferencias son, el número de UD para cada colector depende de la bajante que desemboque en él y que el diámetro de tramo colector está regido por la tabla “Diámetros de colectores generales.”.

3.6.6. Sistema de evacuación de aguas pluviales.

Sistema de tuberías y canalones que acumulan el agua procedente de las precipitaciones pluviales que caen sobre patios, cubiertas, techos, y/o zonas pavimentadas o impermeables de una edificación, estas son evacuadas lo antes posible para así evitar el estancamiento que puede provocar fugas y humedad.

3.6.6.1. Elementos constitutivos del sistema de evacuación de aguas pluviales.

El sistema domiciliario de drenaje pluvial comprende los siguientes componentes:

3.6.6.1.1. Sumideros.

Elementos utilizados para recoger el agua pluvial de la superficie de techos, cubiertas, terrazas, garajes descubiertos y pisos, posteriormente se conducen por tuberías hacia las bajantes o colectores correspondientes. Estos elementos tienen una determinada

capacidad de evacuación, por lo tanto deben colocarse los sumideros necesarios para cubrir toda la superficie potencialmente inundable por el agua.

3.6.6.1.2. Canaletas.

Accesorios complementarios de los techos, cuya función es la recolección y evacuación de las aguas precipitadas sobre la superficie abarcada y generalmente descargan en una bajante pluvial hasta su conexión con el alcantarillado o al sistema de reaprovechamiento de agua pluvial, en caso de poseer uno.

3.6.6.1.3. Bajantes pluviales.

Tubería o canalización vertical que recibe las descargas de las aguas pluviales provenientes de patios, techos, cubiertas y terrazas de una edificación.

3.6.6.1.4. Colectores pluviales.

Tubería horizontal que recibe las contribuciones de las bajantes pluviales y sumideros de un inmueble.

3.6.6.1.5. Cámaras de inspección.

Cámara que posibilita realizar las tareas de inspección y mantenimiento de los colectores pluviales, así como facilitar cambios de dirección, pendiente y tipo de material.

3.6.6.2. Requisitos de diseño.

3.6.6.2.1. Generales.

- El diámetro de la tubería de desagüe de aguas lluvias no debe ser reducido en la dirección del flujo (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).
- Es recomendable aumentar entre 35 y 50 % al caudal determinado, debido a que los muros verticales contribuyen al porcentaje de precipitación, el porcentaje depende de la ubicación de los muros, en línea o en ángulo (Pérez Carmona, 2015).

- Los colectores de aguas lluvias pueden fluir a tubo lleno debido a que no se requiere mantener presiones específicas, así como tampoco se requiere ventilación.
- Las bajantes pluviales no deben tener más de 20 metros de separación entre ellas.

3.6.6.2.1.1. Sistema separativo.

- No se puede utilizar las bajantes pluviales para la evacuación de aguas residuales o como ventilación del sistema de aguas residuales.

3.6.6.2.1.2. Sistema combinado.

- Las bajantes de aguas lluvias deben colocar en su base un sifón o sello de agua que imposibilite el ingreso de malos olores del colector a la edificación, dicho sello también se puede realizar en las cajas de inspección (Pérez Carmona, 2015).

3.6.6.2.2. *Pendiente.*

- En zonas de alta precipitación y frecuencia, es recomendable que la pendiente de techos, cubiertas y zonas descubiertas expuestas a aguas lluvias no sea menor de un 2 % (Castillo Anselmi, 2014).
- En zonas de baja precipitación y frecuencia, la pendiente puede reducirse al 1 % (Castillo Anselmi, 2014).

3.6.6.2.3. *Velocidad del flujo.*

Los límites óptimos de la velocidad de circulación del flujo, para el adecuado funcionamiento de las tuberías son:

- *Velocidad mínima:* 0.8 m/s.
- Velocidad recomendada: 1.0 m/s.
- *Velocidad máxima:* 3 m/s.

3.6.6.2.4. *Número mínimo de sumideros.*

El número mínimo de sumideros deben disponerse en función de la superficie proyectada horizontalmente de la zona a la que sirve (Ministerio de Fomento., 2019).

Tabla 174. *Número mínimo de sumideros.*

Superficie en proyección horizontal (m²)	Número mínimo de sumideros
100	2
100 - 200	3
200 - 500	4
Mayor a 500	1 cada 150 m ²

Fuente: (Ministerio de Fomento., 2019).

El número de sumideros deben ser suficiente para que no exista desniveles mayores que 150 mm, además que se debe evitar una sobrecarga excesiva ocasionada por la acumulación de aguas lluvias (Ministerio de Fomento., 2019).

3.6.6.3. Caudal de diseño.

Para calcular el caudal de diseño se debe considerar la aplicación de una intensidad de lluvia constante y uniforme, la cual producirá el valor máximo de escorrentía cuando todas las partes del área tributaria contribuyan a ella, en el punto de diseño.

$$Q = \frac{C * i * A}{3600}$$

Donde:

Q : Caudal de diseño para aguas lluvias. [L/s]

C : Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

i : Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria. [mm/hora]

A : Área tributaria. [m²]

3.6.6.3.1. Escurrimiento superficial.

Es recomendable utilizar un valor único del coeficiente de escurrimiento para el área tributaria total, cuya fórmula es:

$$C = \frac{A_1 * C_1 + A_2 * C_2 + \dots + A_n * C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Donde:

A_1, A_2, \dots, A_n : Áreas tributarias. [ha]

C_1, C_2, \dots, C_n : Coeficiente de escurrimiento para cada una de las áreas tributarias.

El valor del coeficiente de escurrimiento se podrá seleccionar de la tabla a continuación, en función del tipo de superficie del área a ser drenada.

Tabla 175. Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.

Naturaleza de la superficie	Valores de C
Techos o cubiertas impermeables, dependiendo del tipo de cobertura o superficie.	0.75 – 1.00 ^a
Parques y jardines, dependiendo de la pendiente y características del suelo.	0.010 – 0.20
Superficies asfaltadas (cemento asfáltico).	0.85 – 0.90
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas selladas.	0.75 – 0.85
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas no selladas.	0.50 – 0.70
Ingresos, pasillos empedrados de grava o gravilla.	0.15 – 0.30
Superficies no revestidas, patios de ingreso, terrenos descampados.	0.10 – 0.30

Fuente: (Marcondes & Mattos, 1975).

^a Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1995).

3.6.6.3.2. Área tributaria o área de aportación.

Cada nodo o sumidero recibe el caudal de aguas lluvias aportado por una área delimitada denominada área tributaria o área de aportación.

Se considera la proyección horizontal de la zona analizada, si el área total fue dividida se debe calcular las áreas de las proyecciones horizontales de las divisiones realizadas (Rodríguez, 2005).

3.6.6.3.3. Intensidad de lluvia.

Altura de lluvia que cae sobre una superficie en una unidad de tiempo, cuyo valor es obtenido mediante un estudio hidrológico, del cual se obtiene las curvas I (Intensidad), D (Duración), F (Frecuencia).

Para determinar la intensidad de lluvia del área donde se localiza la edificación analizada, en el caso de Ecuador se recurre al documento denominado “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación.” del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); en dicho documento se encuentran las ecuaciones para determinar la intensidad de lluvia.

La ecuación general para la determinación de la intensidad máxima de precipitación es:

$$i = K * T^m * t^{-n}$$

Donde:

i: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria. [mm/hora]

T: Período de retorno. [años]

t: Tiempo de duración o concentración. [minutos]

K, m, n : Constantes de ajuste propias de cada estación.

- Período de retorno.

Lapso esperado para que ocurra la lluvia de diseño, en años, dicho tiempo sirve como parámetro de diseño.

Mínimo: 5 años.

Rango común: De 5 a 10 años.

Máximo: Período de diseño de la edificación.

- Tiempo de duración o concentración.

Se considera el tiempo que tarda el agua en fluir desde la parte más alejada del área hasta el punto en cuestión (García Sosa, 2001).

Rango común: De 5 a 10 minutos.

3.6.6.4. Dimensionamiento.

3.6.6.4.1. Dimensionamiento de ramales y bajantes.

La dimensión de ramales y bajantes se calcula en función del caudal de diseño.

Tabla 176. Dimensionamiento de ramales y bajantes.

Diámetro de la tubería mm (pulgadas)	Bajantes	Pendiente de ramales		
		1%	2%	4%
Caudal de diseño L/s				
2 (50)	2	1	2	3
3 (75)	5	3	5	7
4 (100)	11	7	10	15
5 (125)	20	10	15	21

6 (150)	34	22	31	43
8 (200)	70	45	64	90
10 (250)	129	83	117	165
12 (300)	206	132	187	264
15 (380)	350	224	316	447

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.6.4.2. Dimensionamiento de colectores.

Los colectores de agua lluvia se dimensionan en función del caudal de diseño que desemboca en la tubería.

Tabla 177. *Dimensionamiento de colectores.*

Tamaño mm (pulgadas)	Caudal de diseño L/s
50 (2)	2
50 x 50 (2 x 2)	2
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	2
63 (2 ½)	3
63 x 63 (2 ½ x 2 ½)	3
75 (3)	6
50 x 100 (2 x 4)	6
63 x 75 (2 ½ x 3)	6
100 (4)	12
75 x 110 (3 x 4 ¼)	12
89 x 100 (3 ½ x 4)	12
125 (5)	23
100 x 125 (4 x 5)	23
115 x 115 (4 ½ x 4 ½)	23

150 (6)	36
125 x 150 (5 x 6)	36
140 x 140 (5 ½ x 5 ½)	36
200 (8)	76
150 x 200 (6 x 8)	76

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.6.4.3. Dimensionamiento de canaletas.

La dimensión de las canaletas se calcula en base al caudal de diseño.

Tabla 178. Dimensionamiento de canaletas.

Dimensiones de la canaleta^a mm (pulgadas)	Pendiente %	Caudal de diseño L/s
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	2	2
38 x 63 (1 ½ x 2 ½)	4	3
100 (4)	1	2
57 x 75 (2 ¼ x 3)	2	3
57 x 75 (2 ¼ x 3)	4	5
125 (5)	1	5
100 x 63 (4 x 2 ½)	2	7
75 x 89 (3 x 3 ½)	4	10
150 (6)	1	7
75 x 125 (3 x 5)	2	10
75 x 125 (3 x 5)	4	14
200 (8)	1	16
115 x 150 (4 ½ x 6)	2	22

115 x 150 (4 ½ x 6)	4	31
250 (10)	1	30
125 x 200 (5 x 8)	2	41
100 x 250 (4 x 10)	4	67

^a Las dimensiones corresponden al ancho por la profundidad para las formas rectangulares. Las dimensiones simples son diámetros de un semicírculo.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.6.5. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de desagüe de aguas lluvias. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

3.6.6.5.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de desagüe de aguas lluvias para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Zona geográfica del proyecto (Nombre de la estación pluviográfica cercana a la edificación).
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño de las instalaciones de desagüe de aguas lluvias.

3.6.6.5.2. Procedimiento.

1. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
2. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes, puedan ser colocadas tal que se permita su examinación, mantenimiento, arreglo e instalación, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.

3. Identificar cada una de las áreas que recibirán aguas lluvias, tales como pisos, cubiertas, techos, etc.
4. Calcular el número mínimo de sumideros necesarios para evacuar el agua lluvia de las áreas aportantes, para esto se debe ingresar con la superficie aportante en proyección horizontal a la tabla presentada en la sección “Número mínimo de sumideros”.
5. Elegir el sistema de evacuación pluvial que se adapte de mejor manera a las condiciones del proyecto, sea este combinado o único.
6. Calcular las áreas de aportación para cada de unos sumideros necesarios para evacuar el agua lluvia. Así mismo de ser el caso, se debe calcular el área aportante de cada una de las cubiertas cuyas aguas pluviales deban ser evacuadas por canaletas.
7. Calcular la intensidad de lluvia, para obtener este parámetro se deben seguir los siguientes pasos:
 - 7.1. Identificar la estación pluviométrica más cercana al lugar de implantación de la edificación.
 - 7.2. Con ayuda del documento denominado “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” disponible en la página web del INAMHI (www.inhami.gob.ec) se debe identificar la ecuación de la intensidad de lluvia para un intervalo de tiempo de duración y período de retorno seleccionado por el criterio del especialista, en función de las recomendaciones presentadas en la sección “Intensidad de lluvia”.
8. Calcular el coeficiente de escurrimiento en función de la superficie aportante de aguas lluvias, este valor se obtienen de la tabla denominada “Valores del coeficiente de escurrimiento “C”.”
9. Calcular el gasto pluvial de diseño mediante el método de la fórmula racional, para cada una de las áreas aportantes identificadas, aplicando la fórmula explicada en la sección “Caudal de diseño”.
10. Dimensionamiento de canaletas.

Las canaletas son elementos que deben ser instalados cuando existen áreas de cubiertas, por lo tanto, primero se debe identificar las cubiertas y el trazado de la canaleta para que reciba y desaloje el agua lluvia de esta.

- Hallar el tamaño de las canaletas, con la tabla denominada “Dimensionamiento de canaletas”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente para cada una de las secciones de cubierta a desalojar y con el valor de la pendiente proyectada para la canaleta, según las recomendaciones presentadas.

11. Dimensionamiento de ramales.

- Hallar el diámetro de los ramales de aguas lluvias con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente y la pendiente proyectada para el ramal, según las recomendaciones presentadas.

12. Dimensionamiento de bajantes.

- Hallar el diámetro de la bajante de aguas lluvias con la tabla denominada “Dimensionamiento de ramales y bajantes”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente.

13. Dimensionamiento de colectores.

- Hallar el tamaño del colector con la tabla denominada “Dimensionamiento de colectores”, se debe ingresar con el valor del caudal de diseño hallado anteriormente.

3.6.6.5.3. *Tabla.*

A continuación, se presenta una secuencia a seguir para el dimensionamiento de tuberías de una red de evacuación de aguas pluviales.

3.6.6.5.3.1. Intensidad de lluvia.

Tabla 179. *Tabla de intensidad de lluvia.*

Estación pluviométrica	(Nombre)
Intervalo de tiempo de concentración (min.)	
Período de retorno (años)	
Ecuación intensidad de lluvia	
Intensidad de lluvia i (mm/h)	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.5.3.2. Número mínimo de sumideros.

Tabla 180. Tabla de número mínimo de sumideros.

Superficie en proyección horizontal (m ²)	Sumidero

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.5.3.3. Dimensionamiento de canaletas.

- Caudal de diseño.

Tabla 181. Tabla de caudal de diseño para canaletas.

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coefficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m ²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Canaletas para aguas pluviales.

Tabla 182. *Tabla de dimensionamiento de canaletas.*

Canaleta	Caudal de diseño Q (L/s)	Pendiente de la canaleta (%)	Dimensiones de la canaleta mm

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.5.3.4. Dimensionamiento de ramales.

- Caudal de diseño.

Tabla 183. *Tabla de caudal de diseño para ramales.*

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coeficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m ²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Bajantes de aguas pluviales.

Tabla 186. *Tabla de dimensionamiento de bajantes.*

Bajante	Caudal de diseño para bajante Q (L/s)	Diámetro de la tubería de la bajante (mm)

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.5.3.6. Dimensionamiento de colectores.

- Caudal de diseño.

Tabla 187. *Tabla de caudal de diseño para colectores.*

Intensidad de lluvia i (mm/h)	Coeficiente de escorrentía C	Área tributaria A (m ²)	Caudal de diseño Q (L/s)

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvia: Intensidad media de precipitación para una duración igual al tiempo de concentración del área tributaria.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía superficial.

Área tributaria: Área tributaria para cada sumidero o área aportante de cada sección de cubierta.

Caudal de diseño: Caudal de diseño para aguas lluvias, para cada una de las áreas aportantes.

- Colectores de aguas pluviales.

Tabla 188. *Tabla de dimensionamiento de colectores.*

Colector	Caudal de diseño Q (L/s)	Tamaño (mm)

Fuente: Elaboración propia.

3.6.7. Sistema de desagüe combinado aguas residuales y agua lluvias.

Cuando por condiciones o necesidades de la instalación no pueda realizarse una instalación separativa, y por tanto los bajantes de aguas residuales y pluviales tengan que confluir bajo un mismo colector (colector mixto), deberá realizarse la conversión directa de las unidades de descarga existentes (UD) a caudal de diseño de recolección de aguas pluviales (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.7.1. Dimensionamiento de ramales, bajantes y colectores.

Se debe obtener los caudales de diseño tanto del sistema de evacuación de aguas residuales como de aguas lluvias y sumarlos según la convergencia en el tramo analizado. Para dimensionar se debe utilizar las tablas propuestas para el sistema de evacuación de aguas lluvias, en las cuales se determina el diámetro de la tubería según el caudal de diseño.

3.6.8. Sistema de ventilación.

Cuando no se suministra un flujo continuo de aire puede producirse variaciones de presión en las tuberías, que desaloja los sellos de agua en los sifones, asimismo, pueden acumularse gases dañinos para la salud; por lo cual deben utilizarse tuberías de ventilación que suministren aire del exterior a la presión atmosférica, conectándose a los bajantes y ramificaciones de recolección de las aguas residuales, a fin de evitar los problemas antes mencionados (García Sosa, 2001).

3.6.8.1. Elementos constitutivos del sistema de ventilación.

3.6.8.1.1. Columna de ventilación.

Tubería vertical que forma parte de la ventilación secundaria, a la cual se conectan los ramales de ventilación; generalmente se sitúa paralela a la bajante sanitaria, con la extremidad superior en contacto con la atmósfera (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

3.6.8.1.2. Ramal de ventilación.

Tubería designada a posibilitar el flujo de aire hacia el sistema de evacuación de las aguas residuales, tiene como objetivo proteger los sellos hidráulicos, evacuar los gases originarios de la descomposición de la materia orgánica, así como garantizar el funcionamiento de las conducciones bajo condiciones de flujo libre (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico., 2011).

3.6.8.2. Requisitos de diseño.

El sello de agua de los aparatos sanitarios debe ser protegido contra sifonaje, por medio de ramales de ventilación, tubos auxiliares de ventilación, en circuito o una combinación de estos métodos; considerando que el sifonaje es la pérdida del sello hidráulico de un sifón de un aparato sanitario.

La tubería de ventilación horizontal debe tener una pendiente mínima del 1%, tal que el agua que pudiera condensarse en dicha tubería pueda circular al desagüe o bajante.

Los tubos de ventilación acoplados a un tramo horizontal del sistema de evacuación de aguas residuales empezarán verticalmente o en ángulo no menor de 45° con la horizontal, hasta una altura mínima de 15 cm, por encima del nivel de rebose de los aparatos sanitarios a los cuales ventilan, antes de prolongarse horizontalmente.

La pendiente del tramo horizontal de desagüe de un aparato sanitario y el tubo vertical de evacuación de aguas residuales será mínimo del 2%, para reducir las posibilidades de sifonaje.

La extensión de la red de ventilación a través de techos debe culminar mínimo 15 cm por arriba de estos, en el caso que la finalización la tubería sea en una terraza accesible o de uso habitual se debe prolongar la tubería hasta una altura mínima de 1.80 m (Morales, y otros, 2010).

Dado el caso que la finalización del tubo de ventilación se encuentre a una distancia menor de 3 m de una entrada de aire al edificio, el tubo debe extenderse 0.60 m por encima de la entrada de aire.

3.6.8.3. Tipos de redes de ventilación.

3.6.8.3.1. Ventilación primaria o principal.

Es la prolongación de los bajantes de la red de evacuación de aguas residuales y/o pluviales, hasta su contacto con la atmósfera es decir hasta por encima de las cubiertas o

techos de la edificación, esto para conseguir equilibrar las presiones al interior de la red de evacuación, mediante la entrada de aire en la misma (Soriano & Pancorbo, 2012).

La tubería principal de ventilación debe instalarse tan recta como sea posible y sin disminuir su diámetro (Morales, y otros, 2010). Para evitar la entrada de cualquier objeto extraño o animal que pueda ocasionar obstrucción en la tubería, se debe colocar un tapón de ventilación al finalizar la tubería de ventilación primaria.

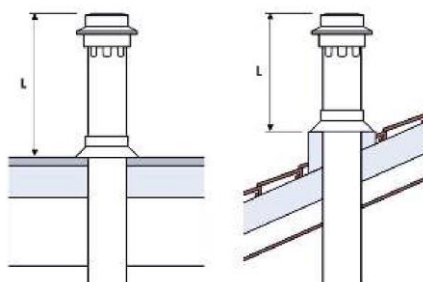


Ilustración 51. Tramos de ventilación primaria sobre cubierta plana y techos.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.8.3.2. Ventilación secundaria o complementaria.

Conformada por una tubería que transcurre paralela a la bajante de aguas residuales y/o combinada que se conecta a ella en sus extremos, aunque es aconsejable que lo haga como mínimo cada cuatro pisos (Soriano & Pancorbo, 2012). Esta ventilación es imprescindible para edificaciones a partir de 6 plantas de altura, sin embargo es aconsejable que se instale en cualquier tipo de edificación (Soriano Rull, 2007).

“El diámetro de la columna de ventilación debe ser al menos igual a la mitad del diámetro de la bajante a la que sirve” (Ministerio de Fomento., 2019).

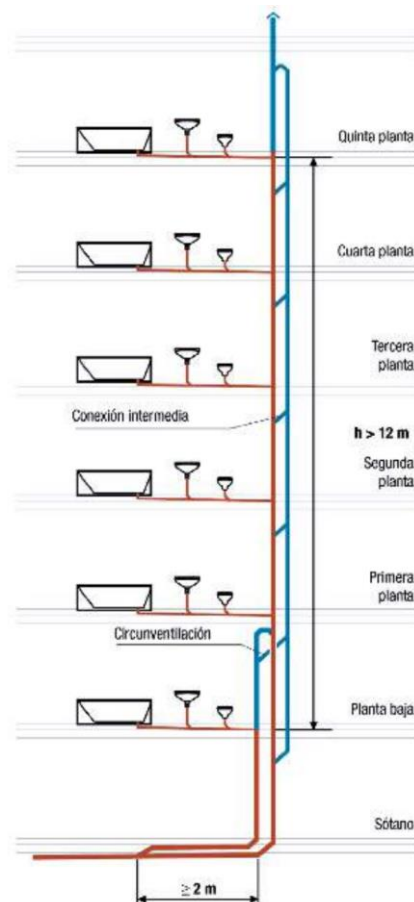


Ilustración 52. Conexión a redes de ventilación secundaria.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.8.3.3. Ventilación terciaria o interior.

Sistema formado por la ventilación secundaria por un extremo y cada uno de los aparatos sanitarios, por el otro, a través de una toma de conexión general o a cada sifón, creando una red de ventilación interior (Soriano & Pancorbo, 2012).

Este tipo de ventilación es poco frecuente, aunque se justifica su aplicación cuando la longitud de los ramales interiores es superior a 5 m con respecto al bajante sobre el que descarguen, o cuando la edificación tiene una altura superior a 14 plantas (Soriano & Pancorbo, 2012).

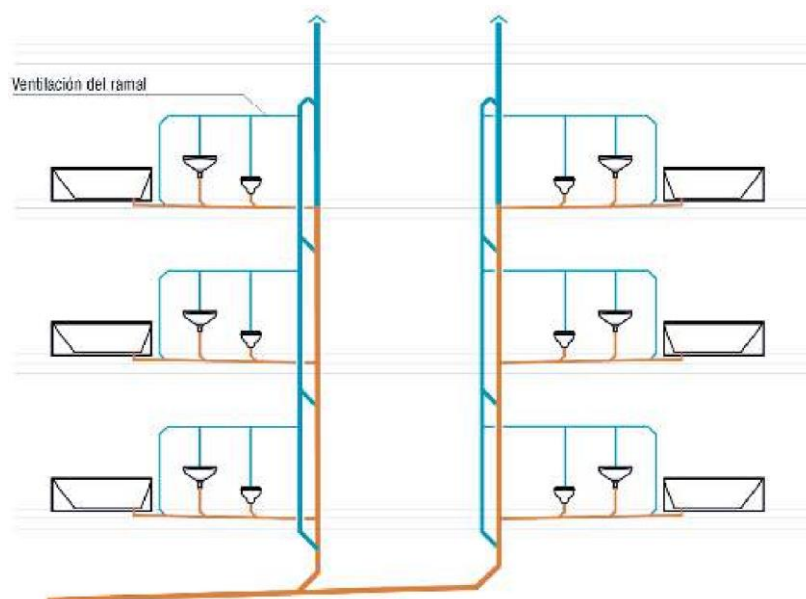


Ilustración 53. Conexión a redes de ventilación terciaria.

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012).

3.6.8.4. Dimensionamiento.

3.6.8.4.1. Dimensionamiento de columnas y ramales de ventilación.

Los diámetros de las columnas y ramales de ventilación se determinan en función del diámetro de la tubería a la cual sirven, del número de unidades de descarga y de la longitud de desarrollo.

Tabla 189. Dimensiones y desarrollo longitudinal de bajantes de ventilación.

Diámetro de la bajante sanitaria o ramal sanitario mm (pulgadas)	Total de unidades de aparato ventiladas	Diámetro de la ventilación mm (pulgadas)									
		32 (1 ¼)	38 (1 ½)	50 (2)	63 (2 ½)	75 (3)	100 (4)	125 (5)	150 (6)	200 (8)	250 (10)
		Máxima longitud de desarrollo para la ventilación									
		m^a									

32 (1 ¼)	2	9.1	-									
38 (1 ½)	8	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 (1 ½)	10	9.1	30.5									
50 (2)	12	-	22.9	61.0	-							
50 (2)	20	9.1	15.2	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-
63 (2 ½)	42	7.9	9.1	30.5	91.5							
75 (3)	10		12.8	45.7	109.8	317.1						
75 (3)	21	-	9.8	33.5	82.3	247.0	-	-	-	-	-	-
75 (3)	53		8.2	28.7	70.1	207.3						
75 (3)	102		7.6	26.2	64.0	189.0	-					
100 (4)	43	-	-	10.7	25.9	76.2	298.8	-	-	-	-	-
100 (4)	140		-	8.2	19.8	61.0	228.7					
100 (4)	320			7.0	16.8	51.8	195.1	-				
100 (4)	540	-	-	6.4	15.2	45.7	176.8	-	-	-	-	-
125 (5)	190			-	8.5	25.0	97.6	301.8				
125 (5)	490				6.4	19.2	76.2	231.7				
125 (5)	940	-	-	-	5.5	16.2	64.0	204.3	-	-	-	-
125 (5)	1400				4.9	14.9	57.9	179.9				
150 (6)	500					10.1	39.6	122.0	304.9			
150 (6)	1100	-	-	-	-	7.9	30.5	94.5	237.8	-	-	-
150 (6)	2000					6.7	25.6	79.3	201.2			
150 (6)	2900					6.1	23.5	73.2	182.9	-		
200 (8)	1800	-	-	-	-	-	9.5	29.0	73.2	286.6	-	-
200 (8)	3400					-	7.3	22.3	57.9	222.2		
200 (8)	5600						6.1	18.9	48.8	186.0	-	
200 (8)	7600	-	-	-	-	-	5.5	17.1	42.7	170.7	-	-
250 (10)	4000						-	9.5	23.8	94.5	292.7	
250 (10)	7200							7.3	18.3	73.2	225.6	
250 (10)	11000	-	-	-	-	-	-	6.1	15.5	61.0	192.1	-
250 (10)	15000							5.5	14.0	54.9	174.1	

300 (12)	7300									9.5	36.6	115.9	286.6
300 (12)	13000	-	-	-	-	-	-	-	-	7.3	28.7	91.5	219.5
300 (12)	20000									6.1	24.1	76.2	186.0
300 (12)	26000									5.5	22.0	70.1	152.4
380 (15)	15000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.2	39.6	94.5
380 (15)	25000									-	9.5	29.3	73.2
380 (15)	38000										7.9	24.7	61.0
380 (15)	50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.3	22.6	54.9

Factores de conversión:

1 m = 3.28 pies.

^a La longitud de desarrollo debe ser medida desde la conexión de la ventilación al aire libre.

Fuente: (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2021).

3.6.8.5. Dimensionamiento de tuberías.

A continuación, se mostrará las características necesarias para el dimensionamiento del sistema de tuberías de ventilación. En caso de existir casos particulares deberán ser evaluados por un profesional competente.

3.6.8.5.1. Información preliminar.

Para un adecuado desarrollo de un proyecto de evacuación de aguas pluviales para una edificación se deberá contarse con la mayor cantidad de información previa, tal como:

- Zona geográfica del proyecto.
- Anteproyecto arquitectónico y estructural.
- Tipo de edificación.
- Diseño de evacuación de aguas residuales.
- Cualquier otro requerimiento que influya en el diseño del sistema de ventilación.

3.6.8.5.2. *Procedimiento.*

4. Revisar planos arquitectónicos y estructurales, para evitar afectaciones estéticas y/o estructurales.
5. Diseño de sistema de drenaje residual.
6. Identificar ductos o cualquier otro espacio donde las bajantes del sistema residual recorren, considerando que dichos espacios serán de uso exclusivo para instalaciones hidrosanitarias.

3.6.8.5.2.1. *Ventilación primaria.*

3. Identificar todas las bajantes de aguas residuales de la edificación y sus respectivos diámetros.
4. Prolongar el bajante de aguas residuales con una tubería de ventilación del mismo diámetro, cuya longitud deberá extenderse hasta estar en contacto con la atmósfera a una distancia especificada en función del uso y accesibilidad de la cubierta.

3.6.8.5.2.2. *Ventilación secundaria.*

5. Identificar el diámetro de la bajante de aguas residuales y/o combinada a ser ventilada.
6. Identificar el total de unidades de descarga que confluyen en la bajante de aguas residuales y/o combinada.
7. Identificar la máxima longitud efectiva del tramo.
8. Con los datos anteriormente identificados, ingresar a la tabla denominada “Dimensionamiento de columnas y ramales de ventilación.”, de esta manera se halla el diámetro de la columna de ventilación secundaria

3.6.8.5.2.3. *Ventilación terciaria.*

5. Identificar el diámetro del ramal de desagüe a ser ventilado.
6. Identificar el número de unidades de descarga que evacua el ramal de desagüe.
7. Identificar la longitud máxima que recorrerá el ramal de ventilación para su conexión a la bajante de ventilación secundaria.

8. Ingresar a la tabla denominada “Dimensionamiento de columnas y ramales de ventilación.”, con los datos anteriormente identificados y hallar el diámetro de la ventilación terciaria.

3.6.8.5.3. *Tabla.*

3.6.8.5.3.1. Dimensionamiento de bajantes o columnas de ventilación.

Tabla 190. *Tabla de dimensionamiento de bajantes de ventilación.*

Bajante de aguas residuales	Diámetro de la bajante de aguas residuales mm	Unidades de descarga UD	Máxima longitud de la tubería de ventilación m	Diámetro de la tubería de ventilación mm	Diámetro comercial ecuatoriano mm

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro de la bajante: Diámetro de la bajante que requiera ventilación.

Unidades de descarga: Unidades de descarga que confluyen en la bajante.

Máxima longitud: Máxima longitud que deberá tener la tubería de ventilación.

3.6.8.5.3.2. Dimensionamiento de ramales de ventilación.

Tabla 191. *Tabla de dimensionamiento de ramales de ventilación.*

Ramal / Aparato sanitario	Diámetro del ramal de aguas residuales mm	Unidades de descarga UD	Longitud máxima del tubo de ventilación m	Diámetro tubo de ventilación mm	Diámetro comercial ecuatoriano mm

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro del ramal: Diámetro del ramal a ser ventilado.

Unidades de descarga: Unidades de descarga que confluyen en los ramales.

Longitud máxima de tubería: Máxima longitud que deberá tener la tubería de ventilación.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE NORMA NEC-11, Capítulo 16, denominado “Norma hidrosanitaria NHE Agua” Y LA PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias

Para el análisis se ha considerado, los parámetros indicados en ambas propuestas, haciendo referencia a cada uno de los sistemas que interfieren en una instalación hidrosanitaria.

4.1. Punto 1 de análisis: Definiciones

Tabla 192. *Matriz comparativa. Definiciones.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias
Definiciones técnicas que envuelven o encierran a otras definiciones como el caso de alcantarilla	Contiene definiciones más simples capaces de ser entendidas por personal técnico y público en general.
Contiene la definición de mueble sanitario, nos envía a una norma adicional para tener un mayor entendimiento.	A pesar de tener una definición más simple, se ha incorporado un capítulo sobre los aparatos sanitarios a fin de dar una mejor explicación de estos.
No existe una simbología clara y explicativa sobre los diferentes sistemas hidrosanitarios.	Cuenta con un apartado de tablas explicativas con un mayor número de simbología.
No indica especificaciones para la presentación de planos ante entidades competentes.	Cuenta con un apartado con directrices mínimas que deben contar planos de diseño y construcción.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Punto 2 de análisis: Sistemas de agua potable, agua fría

Tabla 193. *Matriz comparativa. Sistema de abastecimiento de agua fría.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias
Existe desorden en los apartados, no presenta los requisitos de forma concisa y de acuerdo con la explicación que se está dando.	Se ha utilizado un formato más ordenado, incluye varios tipos de sistema de abastecimiento que se pueden utilizar
La estimación de caudales se reduce a un solo método que no siempre será el que se apege a la realidad del proyecto.	Incorpora dos métodos de estimación, dando la oportunidad al calculista de elegir el más crítico o el que más se apege a la realidad del proyecto.
Los apartados que indican los valores mínimos y máximos de velocidad y presión están incluidos dentro de otro apartado	Se establece de forma clara los parámetros máximos y mínimos que ha de soportar la red.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Punto 3 de análisis: Sistemas de agua potable, agua caliente

Tabla 194. *Matriz comparativa. Sistema de abastecimiento de agua caliente.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias
No se deja en claro la temperatura a la cual debe ser suministrada el agua.	Establece de mejor forma las temperaturas de uso del agua.

No se indican dispositivos de seguridad claves para el funcionamiento correcto del equipo.	Se establece un número mínimo de accesorios que se han de colocar para lograr un correcto funcionamiento del equipo.
Se establece un método en base a fórmulas para determinación del volumen de almacenamiento.	Se ha incorporado tablas referenciales para facilitar los cálculos del proyectista.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Punto 4 de análisis: Sistemas de agua potable, sistemas de bombeo e hidroneumático

Tabla 195. *Matriz comparativa. Sistemas de bombeo e hidroneumático.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias
No indica formula básicas para el diseño de una bomba, se enfoca principalmente en sistemas hidroneumáticos.	Se ha separado los sistemas en los que solo se requiere el uso de bomba respecto de los que han de utilizar tanques hidroneumáticos.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Punto 5 de análisis: Sistemas de desagüe sanitario

Tabla 196. *Matriz comparativa. Sistema de desagüe.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias

<p>No establece normas, lineamientos o regulación alguna para los sistemas de desagües.</p>	<p>Se han incorporado lineamientos base para el diseño de todo el sistema. Desde el material a utilizar hasta los métodos de diseño existentes, para ello se ha incorporado lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planos y simbología - Elementos constitutivos - Requisitos de diseño - Dimensionamiento de ramales y colectores - Dimensionamiento de bajante - Bombeo para evacuaciones forzadas
---	--

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Punto 6 de análisis: Sistemas de ventilación

Tabla 197. *Matriz comparativa. Sistema de ventilación.*

<p>NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”</p>	<p>PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias</p>
<p>No establece normas, lineamientos o regulación alguna para los sistemas de desagües por ventilación.</p>	<p>Se han incorporado lineamientos base para el diseño de todo el sistema. Desde el material a utilizar hasta los métodos de diseño existentes, para ello se ha incorporado lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos constitutivos - Requisitos de diseño

-
- Dimensionamiento de ramales y columnas
-

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Punto 6 de análisis: Sistemas de desagüe pluvial

Tabla 198. *Matriz comparativa. Sistema de evacuación de aguas lluvia.*

NORMA NEC-11, Capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE Agua”	PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias
No establece normas, lineamientos o regulación alguna para los sistemas de desagües pluvial.	<p>Se han incorporado lineamientos base para el diseño de todo el sistema. Desde el material a utilizar hasta los métodos de diseño existentes, para ello se ha incorporado lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos constitutivos - Requisitos de diseño - Caudal de diseño - Dimensionamiento de bajantes y colectores

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las guías para el diseño de un sistema de red hidrosanitaria tanto de una edificación multifamiliar como una vivienda unifamiliar, abarca desde la dotación hasta el dimensionamiento e incluye los requisitos mínimos para un correcto funcionamiento; debido a la amplitud del tema así como las múltiples variantes de cálculo que existen para cada parámetro, fue fundamental considerar varias fuentes nacionales e internacionales que permitan desarrollar un cálculo óptimo del sistema, haciendo un análisis según lo propuesto en cada norma considerada.

Se pudo verificar que las metodologías de cálculo para el diseño de sistemas de aguas residuales, pluviales y ventilación son similares, como se puede observar a lo largo de la sección 2.4.5.3, en lo que respecta a las tablas de dimensionamiento de las normas y libros considerados; debido a la uniformidad del método utilizado, por tanto, el factor correspondiente a las unidades de descarga es muy similar como se puede ver desde la tabla 52 hasta la tabla 61. Facilitando así la unificación de criterios por cada método.

Mientras que, para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua existe mayor variabilidad de métodos y procesos descritos a lo largo la sección 2.3.8 y 2.3.11 para el caudal máximo probable, las pérdidas de carga correspondientemente y los procesos de dimensionamiento descritos desde la tabla 27 hasta la tabla 40. Por tanto, el criterio para formular una propuesta se fundamentó en la realidad nacional, las metodologías más actualizadas, la implicación de procedimientos y facilidad de cálculo.

Por las razones antes mencionadas, los métodos elegidos para la propuesta fueron los presentados por el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias y la norma francesa, de esta manera se brinda al proyectista más opciones con fundamento bajo una norma, para que pueda resolver un diseño adecuado.

La inclusión de las tablas para la simbología correcta de los elementos de la red hidrosanitaria de un proyecto, la cual consta con simbología para cada red permite que se extienda la estandarización en cuanto al dibujo que se mostrara en planos de proyecto.

La propuesta establecida se ha enmarcado en un estudio teórico de varias publicaciones, normas, libros, papers, etc. que han desarrollado la ingeniería hidrosanitaria a lo largo del tiempo y que han podido ser considerados por su desarrollo para ser incorporados a la norma nacional.

La NEC-11, Capítulo 16, denominado “Norma hidrosanitaria NHE Agua”, que es la norma de diseño hidrosanitario actual no trata varios temas en comparación con la propuesta realizada, así como elementos complementarios y fundamentales como, fórmulas, tablas y requerimientos que están desactualizados, incluso varios parámetros y recomendaciones presentados en dicha norma se encuentran actualmente abolidos en algunos países, por tanto, no podrían incluirse en nuestra presente propuesta.

5.2. Recomendaciones

Se debería realizar un estudio experimental que avale de mejor forma lo resuelto en la parte teórica, a fin de obtener datos de diseño propios más cercanos a la realidad nacional.

Ampliar el alcance de la norma hidrosanitaria e incorporar nuevos capítulos para instalaciones especiales en industrias, plantas de tratamiento etc., que requieren un trato especial del agua lluvia y las aguas residuales que envían a la red pública.

Otro apartado que se puede incorporar es el uso eficiente del agua potable y agua lluvia para sistemas de recirculación de agua dentro de la industria como de viviendas unifamiliares.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Técnica Española de Climatización. (2010). *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid: Fondo editorial del IDAE.
- Becerril, D. (2011). *Datos prácticos de instalaciones hidráulicas y sanitarias*. Ciudad de México.
- Castillo Anselmi, L. (2014). *Instalaciones sanitarias de edificaciones*. Lima, Perú.
- Castro, N., Garzón, J., & Ortiz, R. (2006). ADAPTACIÓN DEL MÉTODO DE HUNTER PARA LAS CONDICIONES LOCALES EN COLOMBIA. VI SEREA - *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água*. João Pessoa (Brasil).
- Castro, N., Garzón, J., & Ortiz, R. (2006). APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS . VI SEREA - *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água*. João Pessoa (Brasil).
- Centre scientifique et technique du bâtiment. (diciembre de 2007). Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales. Francia.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente ; Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa*. Lima.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. . (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima.
- Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1995). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Código técnico de la edificación . (2005). *Documento básico HS Salubridad*. Madrid.

Ferrekret . (s.f.). *Ferrekret del Ecuador*. Obtenido de Ferrekret del Ecuador:
<https://www.ferrekret.com/>

García Sosa, J. (2001). *INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS*.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *Código colombiano de fontanería* . Bogotá: ICONTEC.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). *Tubería plastica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas de gravedad*. Quito.

INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC. (2021). *INTERNATIONAL PLUMBING CODE*.

López, L. (1990). *AGUA*. Caracas, Venezuela: Betanzos.

Marcondes, S., & Mattos, A. (1975). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda . (s.f.). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Habitat y Vivienda:
www.habitatyvivienda.gob.ec

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (06 de abril de 2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11, Capítulos 16. Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s.f.). *Habitat y Vivienda*. Obtenido de NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN:
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s.f.). *Habitat y Vivienda*. Obtenido de NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN:
www.habitatyvivienda.gob.ec

Ministerio de Fomento. (2019). *Documento Básico HS Salubridad*. España.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE BOLIVIA. (2011). *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias*. BOLIVIA.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2011). *Reglamento nacional de intalaciones sanitarias domiciliarias*. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Ministerio de Vivienda y Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento, Dirección Nacional de Saneamiento. (s.f). *NORMA TÉCNICA I.S. 010 INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES*. Lima: Dirección nacional de saneamiento.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2010). *NORMA TECNICA I.S. 010*. Perú.

Morales, Á., Mora, D., Vargas, L., Chanto, L., Zamora, P., & Jiménez, Ó. (2010). *Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Pancorbo, F. (2011). *Coeficiente de simultaneidad en las instalaciones de agua en las edificaciones*.

Pérez Carmona, R. (2015). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Rocha, A. (2010). *Hidráulica de tuberías y canales*.

Rodríguez, H. (2005). *Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Roux, R. (2011). *INSTALACIONES HIDRÁULICAS*. México.

Soriano Rull, A. (2007). *Evacuación de aguas residuales en edificios*.

Soriano, A., & Pancorbo, F. (2012). *Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria*. Barcelona: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.

Wekker & Asociados. (2004). Sistemas de bombeo. Características y dimensionamiento.