

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial"

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre-2025

AUTOR: Luis Hurtado Martínez-Abarca

DIRECTORES: Javier Ruiz Ramírez

Javier Molina González

---

## MEMORIA

<b>1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO....</b>	<b>8</b>
1.1. <b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.2. <b>ANTECEDENTES Y OBJETIVOS. ....</b>	<b>8</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
2.1. <b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO. ....</b>	<b>25</b>
2.2. <b>ECUACIONES DE CÁLCULO .....</b>	<b>27</b>
2.3. <b>MÉTODOS DE CÁLCULO .....</b>	<b>39</b>
<b>3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA.....</b>	<b>56</b>
3.1. <b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>56</b>
3.2. <b>PREDISEÑO DE LA RED DE FONTANERÍA.....</b>	<b>57</b>
3.3. <b>ESQUEMA DE LA RED DE FONTANERÍA.....</b>	<b>58</b>
3.4. <b>TRAZADO DE LA RED DE FONTANERÍA .....</b>	<b>58</b>
3.5. <b>CÁLCULO DE CAUDALES .....</b>	<b>60</b>
3.6. <b>CÁLCULO DE DIÁMETROS. ....</b>	<b>62</b>
3.7. <b>CÁLCULO DE PRESIONES .....</b>	<b>64</b>
3.8. <b>SELECCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>66</b>
3.9. <b>SOBREPRESIONES.....</b>	<b>71</b>
3.10. <b>RESULTADOS DEL DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA.....</b>	<b>72</b>
3.11. <b>COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDAL SIMULTÁNEO PARA LA RED DE FONTANERÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>4. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.....</b>	<b>82</b>
4.1. <b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>82</b>
4.2. <b>ESQUEMA Y TRAZADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.....</b>	<b>83</b>
4.3. <b>CÁLCULO DE CAUDALES .....</b>	<b>87</b>

---

4.4.	CÁLCULO DE DIÁMETROS .....	91
4.5.	RESULTADOS DEL DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.....	93
4.6.	COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO .....	104
5.	RED DE VENTILACIÓN.....	110
5.1.	ASPECTOS GENERALES .....	110
5.2.	CRITERIOS DE DISEÑO .....	111
5.3.	CÁLCULO DE CAUDALES.....	113
5.4.	CÁLCULO DE DIÁMETROS. ....	117
5.5.	RESULTADOS.....	118
5.6.	COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO .....	125
5.7.	CONCLUSIONES.....	131
6.	CONCLUSIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	133
6.1.	CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA. .	133
6.2.	CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO. 133	
6.3.	CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN.	134
6.4.	MEJORAS FUTURAS.....	135
	ANEXOS .....	137
	ANEXO RESULTADOS .....	138
	BIBLIOGRAFÍA .....	167
	ANEXO PLANOS .....	168

---

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Método empírico para el cálculo del Caudal Simultáneo .....	14
Ilustración 1.2. Método probabilístico de Hunter para la obtención de caudales simultáneos .....	15
Ilustración 1.3. Apartado 4.5.2.2. Cálculo de las bombas del DB HS 4 .....	17
Ilustración 2.1. Vista 3D del edificio objeto de estudio .....	25
Ilustración 2.2. Vista en planta de las distintas alturas del edificio objeto de estudio .....	27
Ilustración 2.3. Definición de la ecuación de la conservación de la energía mecánica .....	28
Ilustración 2.4. Definición de un tramo para la ecuación de conservación de la energía .....	29
Ilustración 2.5. Comparativa de flujo laminar y flujo turbulento. ....	31
Ilustración 2.6. Diagrama de Moody. ....	33
Ilustración 2.7. Definición de un tramo en una instalación de ventilación. ....	36
Ilustración 2.8. Tramo recto de tubería con pendiente. ....	38
Ilustración 2.9. Área transversal de una tubería vertical en la instalación de saneamiento. ....	39
Ilustración 2.10. Representación gráfica del factor $\alpha$ del método racional simplificado según tipología de edificios. ....	42
Ilustración 2.11. Expresiones para obtener el caudal simultáneo según el tipo de edificación. ....	43
Ilustración 2.12. Curvas de Thormann-Franke. ....	47
Ilustración 2.13. Pestaña "Tuberías" del módulo Cypeplumbing Water systems. ....	51
Ilustración 2.14. Características de diseño ajustables mediante software Cypeplumbing Water Systems. ....	51

---

Ilustración 2.15. Características de simultaneidad de caudales ajustables mediante software Cypeplumbing Sanitary Systems. ....	52
Ilustración 2.16. Menú principal del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems. ....	52
Ilustración 2.17. Tipos de tuberías del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems. ....	53
Ilustración 2.18. Características de diseño del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems.....	54
Ilustración 2.19. Opción de dimensionado por tablas del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems. ....	54
Ilustración 2.20. Elementos del software CYPEHVAC para las instalaciones de ventilación. ....	55
Ilustración 2.21. Opciones de cálculo del módulo CYPEHVAC.....	55
Ilustración 3.1 Trazado de la red de fontanería.....	60
Ilustración 3.2 Ecuaciones de Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas primarias.....	64
Ilustración 3.3 Características técnicas de los contadores diseñados.....	67
Ilustración 4.1. Diseño de la red de evacuación de aguas del edificio objeto del proyecto.....	87
Ilustración 4.2 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.....	90
Ilustración 5.1. Plano de la instalación de ventilación del edificio.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Caudal de abastecimiento de aparatos según DB HS4.....	56
Tabla 3.2 Resumen de abastecimiento de caudales de los consumos .....	61
Tabla 3.5 Diámetros nominales de conducciones de multicapa. Sistemas de canalización multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de edificios, Norma UNE-EN ISO 21003-1:2009.....	63
Tabla 3.6. Ejemplo de Cálculo de Diámetro en el tramo de la acometida. ....	63
Tabla 3.7 Cálculo por medio de la norma UNE 100155:2004 del Volumen del depósito presurizado para los dos métodos de cálculo.....	69
Tabla 3.8 Bombas a emplear por medio de la norma UNE 149201:2017 .....	71
Tabla 3.9 Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con la Norma UNE 149201:2017.....	74
Tabla 3.10 Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con la Norma UNE 149201:2017.....	75
Tabla 3.11. Comparativa de resultados manuales e informáticos .....	75
Tabla 3.12. Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con el método racional simplificado.....	76
Tabla 4.1 Caudal de desagüe de los distintos aparatos del centro.....	88
Tabla 4.3. Caudal de desagüe de las superficies de la cubierta del centro.....	91
Tabla 4.4. Tramo de la pequeña evacuación de los baños zona norte .....	92
Tabla 4.5 Cálculo de diámetros por medio del método racional simplificado manualmente.....	94
Tabla 4.6. Cálculo de diámetros por medio del método racional simplificado con software Cypeplumbing.....	95
Tabla 4.7. Comparación de resultados mediante software y manuales .....	96
Tabla 4.8. Resultados de la red de residuales por medio de la norma UNE 149201:2017 .....	97

---

Tabla 4.9. Resultados de la red de residuales por medio del método tabular. .	98
Tabla 4.10. Cálculo de diámetros por medio de fórmulas obtenidas manualmente.....	99
Tabla 4.11. Cálculo de diámetros por medio de fórmulas obtenidas mediante software.....	99
Tabla 4.12. Tabla 4.6. del DB HS5, correspondiente al número de sumideros en función de la superficie de cubierta. ....	100
Tabla 4.13. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio de fórmulas obtenidas manualmente. ....	100
Tabla 4.14. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio de fórmulas obtenidas mediante software.....	101
Tabla 4.15. Cálculo de diámetros de los colectores por medio de fórmulas obtenidas manualmente. ....	102
Tabla 4.16. Cálculo de diámetros de los colectores por medio de fórmulas obtenidas mediante software.....	102
Tabla 4.17. Cálculo de diámetros de los canalones por medio de método tabular. ....	103
Tabla 4.18. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio del método tabular. ....	103
Tabla 4.19. Cálculo de diámetros de los colectores por medio del método tabular. ....	103
Tabla 4.20. Diferencia promedio en los caudales obtenidos por las distintas normas para la red de colectores. ....	106
Tabla 5.1. Clasificación de la calidad de aire según RITE. ....	114
Tabla 5.2. Caudales por categoría de calidad de aire. ....	115
Tabla 5.3. Caudales de ventilación obtenidos de las estancias. ....	117
Tabla 5.4. Cálculo de los conductos por medio del método de velocidad constante manuales. ....	119

---

---

Tabla 5.5. Cálculo de los conductos por medio del método de velocidad constante mediante software.....	120
Tabla 5.6. Comparativa de resultados entre manuales y software.....	122
Tabla 5.7. Pérdidas de presión en uniones y transiciones. ....	122
Tabla 5.8. Punto de funcionamiento de los recuperadores de calor.....	123
Tabla 5.9. Punto de funcionamiento de los ventiladores. ....	123
Tabla 5.10. Resultados de los conductos obtenidos por el método de rozamiento constante.....	124
Tabla 5.11. Pérdida de presión en uniones y transiciones. ....	125
Tabla 5.12. Punto de funcionamiento de los recuperadores de calor.....	125
Tabla 5.13. Punto de funcionamiento de los ventiladores. ....	125
Tabla 5.14. Representación gráfica de las secciones obtenidas.....	126
Tabla 5.15. Representación Gráfica de las velocidades en conductos. ....	128
Tabla 5.16. Representación Gráfica de las pérdidas lineales obtenidas en conductos.....	130

## 1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO.

### 1.1. INTRODUCCIÓN.

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en el **diseño y dimensionado de las instalaciones de fontanería, evacuación de aguas y ventilación** de un edificio de uso docente destinado a educación infantil. El proyecto se plantea como un caso práctico en el que se aborda de manera integral la configuración de las redes de abastecimiento, saneamiento y ventilación, considerando las particularidades de este tipo de edificaciones no residenciales.

Para llevar a cabo el trabajo se ha partido de la definición arquitectónica y funcional del edificio, analizando la distribución de sus espacios, el número y la tipología de los aparatos sanitarios y las condiciones de suministro disponibles. A partir de estos datos se han aplicado **diferentes métodos de cálculo para la determinación de caudales, diámetros y presiones**, tanto mediante el uso de **herramientas informáticas especializadas (CYPE)** como a través de **procedimientos manuales basados en fórmulas y criterios técnicos**.

Asimismo, se realiza un análisis comparativo de los métodos normativos y alternativos de dimensionado, mostrando las diferencias en los resultados obtenidos y valorando su adecuación a las necesidades de un centro educativo.

Con ello, se ofrece una visión global del proceso de diseño, a la vez que se evidencian las implicaciones que conlleva la elección de un método de cálculo u otro, sentando las bases para el análisis crítico y los objetivos que se desarrollan en los apartados siguientes.

### 1.2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

El **Documento Básico HS «Salubridad»** del CTE se publicó originalmente en 2006 (Real Decreto 314/2006, BOE 28/03/2006) y estableció las exigencias básicas en salubridad para edificios, incluidas las secciones HS 3 (ventilación – calidad del aire interior), HS 4 (suministro de agua) y HS 5 (evacuación de aguas). Desde entonces, el texto de estas secciones apenas ha sufrido cambios sustanciales. En particular:

- **DB HS3 (Calidad del aire interior) y Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE):** El Documento Básico HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación (CTE) se publicó originalmente en 2006 (Real Decreto 314/2006) e incluyó las secciones HS3 (ventilación), HS4 (suministro de agua) y HS5 (evacuación de aguas), estableciendo las bases del marco actual de instalaciones en edificación.

Paralelamente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, vino a complementar ese marco regulando las instalaciones térmicas —calefacción, refrigeración y ventilación— en edificios de uso no residencial o con sistemas centralizados.

Desde su entrada en vigor, ni el RITE ni el HS3 han experimentado revisiones sustanciales en los criterios de ventilación, más allá de pequeñas actualizaciones de referencias normativas y la inclusión de nuevas definiciones. En el caso del HS3, la reforma de 2017 redujo notablemente los caudales mínimos exigidos, pero el contenido técnico esencial sigue siendo el mismo.

Por su parte, el RITE mantiene desde 2007 la misma estructura y los mismos métodos de cálculo de caudales de aire exterior, sin incorporar avances técnicos o consideraciones sobre control de calidad del aire interior más allá del CO<sub>2</sub> como indicador indirecto.

En conjunto, el marco reglamentario vigente en materia de ventilación y salubridad se mantiene prácticamente inalterado desde su publicación original. Esta falta de evolución normativa ha provocado que persistan ambigüedades y contradicciones:

- **DB HS4 (Suministro de agua):** Desde su publicación original en 2006, **no ha recibido actualizaciones de calado en su contenido técnico.** Las únicas modificaciones han sido menores, principalmente la actualización de referencias a normas UNE (p. ej. tuberías, ensayos) en 2017 y 2019 sin cambios en los criterios de diseño o métodos de cálculo básicos. En otras palabras, **los procedimientos y tablas de HS4**

permanecen esencialmente igual que en 2006, sin incorporar las evoluciones normativas posteriores (por ejemplo, la publicación de la norma UNE 149201:2017 para cálculo de caudales en instalaciones interiores de agua).

- **DB HS5 (Evacuación de aguas):** De modo similar, **se mantiene prácticamente con el mismo contenido técnico desde 2006**. No se han introducido cambios significativos en los criterios de dimensionado de tuberías de saneamiento o ventilación, más allá de la actualización puntual de referencias a normas de materiales en 2019. La principal novedad en el ámbito de salubridad del CTE fue la incorporación de la sección HS6 (radón) en 2019, pero esto no afectó al texto de HS5. Por tanto, **las disposiciones de HS5 vigentes hoy son esencialmente las mismas que las establecidas en la primera versión del CTE** (con correcciones menores en 2007–2009 y referencias actualizadas en 2019).

En resumen, **el marco normativo actual en ventilación, fontanería y saneamiento (HS3, RITE, HS4, HS5)** es continuista respecto al originalmente publicado, sin revisiones de fondo en sus métodos de cálculo desde la entrada en vigor inicial o, en el caso de HS3, desde la actualización de 2017. Esto resulta relevante, pues como veremos a continuación, muchas **limitaciones y contradicciones técnicas presentes en la normativa original persisten en la normativa vigente**, motivando la necesidad de un análisis crítico y la búsqueda de métodos de cálculo alternativos (justificación del presente TFG).

### 1.2.1. LIMITACIONES Y CONTRADICCIONES TÉCNICAS EN EL DB HS3, HS4 Y HS5

A continuación, se desarrolla una **crítica técnica** de los Documentos Básicos HS3, HS4 y HS5, exponiendo sus principales **limitaciones, errores y contradicciones internas**. Se incluyen ejemplos concretos de requisitos conflictivos o de difícil cumplimiento, ambigüedades en los métodos de cálculo y criterios confusos de redacción. Esta crítica se fundamenta en la normativa misma (CTE, antiguas NTE, normas UNE) y en la literatura técnica/académica

---

aportada, con el objetivo de evidenciar las deficiencias normativas actuales que contextualizan y justifican los objetivos de este TFG.

### **1.2.1.1. VENTILACIÓN (DB HS3). CALIDAD DEL AIRE INTERIOR**

En el ámbito español, la normativa de ventilación en edificios no residenciales se articula principalmente a través del **Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)** (especialmente su Instrucción Técnica IT 1.1.4 sobre calidad del aire interior) y del Documento Básico HS3 del Código Técnico de la Edificación (CTE). Ambos establecen criterios de diseño de la ventilación, pero presentan limitaciones y falta de coherencia al aplicarlos a casos reales complejos. A continuación, se describen algunos de estos problemas normativos, evidenciando la necesidad de una revisión más acorde con las condiciones reales de ventilación en edificios de uso no residencial.

- **CAUDALES GENÉRICOS FRENTE A CARGAS CONTAMINANTES REALES.**

El RITE fija caudales mínimos de aire exterior de forma genérica, sin distinguir suficientemente la carga contaminante de cada recinto. Por ejemplo, para **los locales de servicio** (espacios no habitables como aseos, cuartos de basuras, cuartos técnicos, etc.), **el RITE exige una extracción mínima de 2 dm<sup>3</sup>/s por m<sup>2</sup> de superficie.**

Este valor uniforme se aplica por igual a un cuarto de máquinas que a un almacén de residuos, pese a que la naturaleza y magnitud de sus contaminantes difieren notablemente. En la práctica, un cuarto de basuras con fuerte emisión de olores o un recinto técnico con posible emisión de gases/vapores podrían requerir renovaciones de aire muy superiores a las de un aseo convencional; sin embargo, la normativa no ofrece caudales específicos ajustados a esas mayores cargas contaminantes. Este enfoque uniforme simplifica el cálculo, pero evidencia una limitación del RITE: se centra en criterios genéricos de superficie, obviando la contaminación real de cada local.

- **FORMULACIONES TEÓRICAS POCO APLICABLES EN MÉTODOS DE CÁLCULO DEL RITE.**

---

El RITE plantea cinco métodos alternativos para calcular el **caudal mínimo de aire exterior** necesario en un local (**IT 1.1.4.2.3**). Dichos métodos abarcan: caudal por persona (método indirecto), calidad de aire percibido en el local, concentración de contaminantes (en particular CO<sub>2</sub>, como indicador de bioefluentes humanos), caudal por unidad de superficie (para locales sin ocupación permanente) y método de dilución de contaminantes específicos en el aire. En teoría, el proyectista dispone de múltiples vías de cálculo; no obstante, **en la práctica solo se emplean habitualmente dos: el método por caudal de aire por persona y por unidad de superficie**. Los otros tres, de carácter más teórico, casi no se aplican por ser inoperativos en condiciones reales de proyecto.

Por un lado, el **método de la calidad percibida (decipol)** requiere cuantificar la emisión de *olf* de las personas y materiales, y fijar un nivel de decipols aceptable (según categoría IDA) (datos y conceptos tomados de la investigación, pero no desarrollados en la normativa de forma utilizable por el proyectista medio).

Ni el RITE ni el CTE proporcionan valores de *olf* para distintas ocupaciones, por lo que el diseñador carece de referencias para aplicar este método más allá de lo académico.

De forma análoga, el **método por concentración de contaminantes** presenta problemas de aplicación: el RITE únicamente especifica niveles guía de CO<sub>2</sub> para cada categoría de calidad (por ejemplo, 800 ppm para IDA 3) pero no ofrece un procedimiento directo para dimensionar el caudal a partir de esa concentración objetivo. En ausencia de una formulación explícita, dicho método acaba redundando en el de caudal por persona (que implícitamente asegura esos niveles de CO<sub>2</sub> en condiciones estándar). Si se pretendiera aplicar a otros contaminantes (por ejemplo COVs en un laboratorio), **surgiría la falta de referencias normativas sobre concentraciones máximas admisibles** de tales sustancias en locales ocupados, así como la dificultad de estimar sus tasas de emisión.

Por último, **el método de dilución de contaminantes específicos** remite a complejas formulaciones de la norma UNE-EN 13779, implicando un cálculo

---

detallado de balances de masa para cada contaminante conocido. Este enfoque resulta inabordable en la mayoría de proyectos de edificación, donde no se dispone de datos precisos de emisión para cada sustancia ni de software especializado para resolver iterativamente dichas fórmulas.

En consecuencia, el abanico de cinco métodos teóricamente disponibles se reduce de facto a los dos métodos indirectos simplificados (por ocupación o por superficie), que son los únicos respaldados por datos claros en las tablas del RITE. Los restantes permanecen como curiosidades técnicas de escasa transferencia a la práctica proyectual, **evidenciando una desconexión entre la teoría normativa y su aplicabilidad real.**

#### **1.2.1.2. SUMINISTRO DE AGUA (DB HS4) – INSTALACIÓN DE FONTANERÍA**

A continuación, se describen las limitaciones y contradicciones del DBHS 4 en relación a instalaciones de fontanería.

- **FALTA DE CONCRECIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDAL SIMULTÁNEO**

Un aspecto fundamental que introduce el DB HS 4 es que el proyectista **dispone de un cierto grado de libertad para la elección del método de cálculo** a aplicar en el dimensionado de las instalaciones de fontanería. Tal y como se recoge en el **apartado 4.2.1 del DB HS4**, el Código Técnico de la Edificación establece que *“El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado”*.

En este sentido, en la práctica profesional y docente se emplean distintos métodos, cada uno con fundamentos y aplicaciones diferenciadas. Algunos de estos son:

- **Métodos empíricos.** Estos métodos establecen, con base en el criterio de un grupo de personas especializadas en el diseño de sistemas hidráulicos, valores de "Probables Demandas Simultáneas", correspondientes a diversas cargas potenciales (**Ilustración 1.1.**).

MUEBLES SANITARIOS	DESCARGA (l.p.m)
Baño privado	18.93
Baño público	30.28
Lavadero	15.14
Lavamanos	7.57
Ducha	7.57
Regadera de 4"	15.14
Regadera de 6"	30.28
Válvulas de fluxómetro*	57.00
* Caudal supuesto	

GASTO TOTAL (l/m)	DEMANDA PROBABLE (l/m)	GASTO TOTAL (l/m)	DEMANDA PROBABLE (l/m)
Hasta 12	100% del máximo posible	318.0	147.6
53.0	49.2	405.0	159.0
60.6	54.9	465.6	170.3
68.1	60.6	537.5	181.7
75.7	66.2	617.0	196.8
87.1	71.9	711.7	212.0
98.4	77.6	817.6	230.9
113.6	85.2	938.8	246.1
132.5	90.8	1082.8	268.8
151.4	98.4	1245.4	291.5
174.1	106.0	1430.9	321.8
200.6	113.6	1646.6	359.6
230.9	121.1	1892.7	393.7
268.8	128.7	Más de 1892.7	20% del máximo posible
306.6	140.1		

Ilustración 1.1. Método empírico para el cálculo del Caudal Simultáneo

Este método consiste en asignar una serie de caudales a distintos aparatos o estancias en base a una experiencia, y con la sumatoria de todos ellos establece un caudal probable de demanda de la instalación. Este método es bastante anticuado, en la realidad de los proyectos actuales prácticamente se encuentra en desuso, pero el código técnico no prohíbe su utilización.

- **Métodos semiempíricos.** Estos métodos se basan en parte de experiencia, pero ya están ligados a los caudales mínimos o instalados que se asignan a los distintos consumos de la instalación. Consisten, a groso modo, en sacar el caudal instalado de cada tramo (sumatorio de todos los caudales aguas abajo del mismo) y multiplicar este caudal por un coeficiente de simultaneidad, el cual viene definido por un factor según tipo de edificio. Dentro de estos métodos están:
  - **Método racional.** Este método establece un cálculo del coeficiente de simultaneidad entre las unidades de consumo y el número total de cuartos húmedos totales. Para ello debería existir en la edificación locales húmedos con una similitud en cuanto a las unidades de consumo de cada uno.
  - **Método racional simplificado.** Este método se comporta igual que el método racional, pero únicamente tiene en cuenta para el cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad, la cual es más permisiva para distintos tipos de locales húmedos.
  - **Norma UNE 149201:2017.** Es un método donde el caudal simultáneo se obtiene de manera potencial. Este caudal depende del tipo de edificio y del caudal a suministrar.

- **Métodos probabilísticos.** Estos métodos se basan en la probabilidad de uso de aparatos sanitarios simultáneamente. Este método es válido sobre todo para grandes bloques de viviendas (*Ilustración 1.2.*).

UNIDADES DE DESCARGA, SALIDAS, CAUDALES Y PRESIONES DE APARATOS SANITARIOS								
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE ARQUITECTURA								
APARATO	TOMAS POR APARATO	USO PRIVADO		USO PÚBLICO		PRESIÓN RECOMENDADA		PRESIÓN MÍNIMA
		UNIDADES HUNTER	CAUDAL LLAVE	UNIDADES HUNTER	CAUDAL LLAVE	M.C.A.	Kg/cm <sup>2</sup>	
BAÑERA O TINA	2	3	0.19	4	0.22	10.00	1.00	2.00
BEBEDERO	1	0.5	0.03	1	0.06	3.50	0.35	2.00
BIDET	2	2	0.13	3	0.19	5.00	0.50	2.80
DUCHA	2	2	0.19	3	0.19	10.00	1.00	2.00
INODORO CON FLUXOMETRO	1	6	0.32	10	0.50	10.00	1.00	7.70
INODORO CON TANQUE	1	3	0.19	5	0.25	7.00	0.70	2.80
LAVADERO DE SERVICIO	1	3	0.19	4	0.22	5.00	0.50	2.00
LAVADORA DE PLATOS	2	1	0.06	3	0.19	7.00	0.70	2.80
LAVADORA DE ROPA	2	3	0.19	5	0.25	7.00	0.70	2.80
LAVAMANOS	2	1	0.06	2	0.13	5.00	0.50	2.00
LAVATRASTOS	2	2	0.13	4	0.22	5.00	0.50	2.00
ORINAL CON FLUXOMETRO	1	6	0.32	10	0.50	10.00	1.00	7.70
ORINAL CON LLAVE	1	1	0.06	3	0.19	5.00	0.50	2.00
PILA	1	3	0.19	5	0.25	5.00	0.50	2.00
GRIFO para Manguera de 15 mts.	1	3	0.19	6	0.33	22.00	2.20	17.00

*Ilustración 1.2. Método probabilístico de Hunter para la obtención de caudales simultáneos*

Si bien esta libertad de elección de métodos puede interpretarse como una ventaja al ofrecer margen de maniobra al técnico, en realidad constituye **una debilidad importante de la normativa**. La elección de cualquier método conduce a resultados muy dispares en función del procedimiento adoptado: un mismo edificio puede ser calculado con caudales de diseño muy distintos, generando redes sobredimensionadas en unos casos o, lo que es más grave, instalaciones subdimensionadas incapaces de garantizar las presiones mínimas de servicio exigidas en los puntos de consumo.

Además, **existen métodos cuya aplicación resulta inadecuada o incluso incoherente en determinadas tipologías de edificio**. El método racional clásico, por ejemplo, requiere unidades de consumo homogéneas y bien definidas, lo que lo hace aplicable a edificios residenciales pero inservible en centros educativos o polideportivos, por ejemplo, donde la variedad de aparatos y patrones de uso es muy amplia. Sin embargo, la normativa no restringe su utilización en estos casos, dejando la responsabilidad del criterio exclusivamente en manos del proyectista.

En consecuencia, puede concluirse que la ausencia de directrices claras por parte del DB HS 4 genera una situación de inseguridad técnica y falta de homogeneidad en el diseño de las instalaciones de fontanería. La posibilidad de aplicar cualquier método sin atender a la tipología del edificio abre la puerta a

diseños incoherentes, con repercusiones directas tanto en la eficiencia hidráulica como en la salubridad y confort de los usuarios. Resulta, por tanto, necesario cuestionar esta flexibilidad normativa y promover una actualización que vincule cada tipología edificatoria con los métodos de cálculo más apropiados, garantizando así una base homogénea y fiable en el dimensionado de las redes de fontanería.

- **CONTRADICCIÓN EN RELACIÓN DE CAUDALES, DIÁMETROS MÍNIMOS Y VELOCIDADES.**

Otro aspecto conflictivo es la **relación entre los caudales mínimos, los diámetros y las velocidades en tuberías**. El HS4 fija recomendaciones de **velocidad de diseño**: se sugiere elegir diámetros de modo que la velocidad del agua quede entre  $0,5 \text{ m/s}$  y  $2,0 \text{ m/s}$  en tuberías metálicas (y hasta  $3,5 \text{ m/s}$  en plásticas). Este rango busca evitar tanto velocidades demasiado bajas (que favorecen sedimentaciones y estancamiento) como excesivas (que provocan ruido, erosión y golpe de ariete). Sin embargo, **cumplir siempre este criterio resulta problemático**, especialmente cuando los caudales de cálculo son pequeños. Por ejemplo, para un único lavabo con caudal mínimo  $\sim 0,10 \text{ L/s}$ , aun empleando el diámetro mínimo comercial (digamos 13–15 mm interiores), la velocidad puede quedar por debajo de  $0,5 \text{ m/s}$ , contraviniendo la recomendación de HS4. Es común que, al dimensionar redes reales donde muchos tramos alimentan pocos aparatos, las velocidades resulten inferiores a  $0,5 \text{ m/s}$  en régimen normal (incluso  $< 0,3 \text{ m/s}$ ), implicando **riesgo de estancamiento** y tiempos de tirado mayores (agua que tarda en llegar caliente, etc.).

- **LIMITACIÓN EN EL CÁLCULO Y NÚMERO DE BOMBAS.**

El DB-HS 4 indica que el dimensionado de los grupos de bombeo debe realizarse a partir del caudal de cálculo y de las presiones de arranque y parada (o consigna en equipos de presión variable), y fija además un número de bombas en función del caudal total del grupo.

El problema aparece cuando el comentario del HS4 introduce dos ideas que, leídas conjuntamente, resultan contradictorias (**Ilustración 1.3.**):

- Por un lado, la propia norma y la práctica calculada distinguen entre bombas operativas y “sin contar la de reserva”, lo que sugiere que los umbrales de 2/3/4 bombas se refieren a bombas en servicio, dejando la reserva como una decisión aparte.
  - Por otro lado, el comentario suele expresarse de forma que el lector puede interpretar que el número final “mínimo dos para  $\leq 10$  l/s, tres para  $\leq 30$  l/s, etc.” ya incluye la reserva, lo que llevaría a soluciones distintas
- 1 El cálculo de las bombas se hará en función del caudal y de las presiones de arranque y parada de la/s bomba/s (mínima y máxima respectivamente), siempre que no se instalen bombas de caudal variable. En este segundo caso la presión será función del caudal solicitado en cada momento y siempre constante.
  - 2 El número de bombas a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, se determinará en función del caudal total del grupo. Se dispondrán dos bombas para caudales de hasta  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ , tres para caudales de hasta  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$  y 4 para más de  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ .
- Número de bombas**  
Una vez calculado el número de bombas necesarias en función del caudal, se incluyen las bombas de reserva, de forma que el número final de bombas sea como mínimo dos para caudales de hasta  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ , tres para caudales de hasta  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$  y 4 para más de  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ .
- 3 El caudal de las bombas será el máximo simultáneo de la instalación o caudal punta y vendrá fijado por el uso y necesidades de la instalación.
  - 4 La presión mínima o de arranque ( $P_b$ ) será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración ( $H_a$ ), la altura geométrica ( $H_g$ ), la pérdida de carga del circuito ( $P_c$ ) y la presión residual en el grifo, llave o fluxor ( $P_r$ ).

*Ilustración 1.3. Apartado 4.5.2.2. Cálculo de las bombas del DB HS 4*

Esta ambigüedad no es menor: dependiendo de cómo se entienda, un mismo edificio podría proyectarse con dos bombas sin reserva, o con una bomba de funcionamiento y una en reserva, con implicaciones directas en continuidad de servicio, coste, consumo energético y también en el cálculo del calderín, donde algunas metodologías (UNE 100155) solicitan explícitamente el número de bombas instaladas “sin contar la de reserva”.

- **DESCONOCIMIENTO DEL VOLUMEN MÍNIMO DE AGUA EN EL CÁLCULO DE VOLUMEN DEL DEPÓSITO DE PRESIÓN.**

Respecto al cálculo del depósito de presión, indicado en el **Apartado 4.5.2.3. del DB HS4**, indica la siguiente ecuación para calcular el volumen del depósito:

$$V_n = P_b * V_a / P_a$$

Donde  $V_a$  es el volumen mínimo de agua que se exige aportar entre la presión de arranque (mínima) y la presión de parada (máxima),  $P_b$  es la presión absoluta mínima y  $P_a$  la presión absoluta máxima.

El problema de este cálculo es que el volumen mínimo de agua no está definido. La falta de una definición precisa provoca que distintos proyectistas puedan asignar valores diferentes a  $V_a$ , generando resultados de cálculo dispares e incluso contradictorios. Así, el mismo sistema podría dimensionarse con depósitos muy pequeños, que ocasionarían un exceso de arranques y un desgaste prematuro de bombas, o con depósitos desproporcionadamente grandes, lo cual implicaría un sobre coste económico y de espacio sin una justificación técnica clara.

Es por ello que en los proyectos de redes de fontanería se hace uso de otras metodologías como la **Norma UNE 100155:2004**. Esta norma calcula el volumen del depósito en función del número máximo de arranques por hora, el número de bombas del servicio, presiones de parada y arranque y el caudal de diseño obtenido para toda la instalación.

- **RESUMEN**

En síntesis, **las principales críticas técnicas al HS4** se centran en:

- **Falta de un método de cálculo explícito.** La normativa no guía suficientemente el dimensionado, dejando huecos que deben llenarse con experiencia o normas no obligatorias;
- **Posibles contradicciones internas** entre recomendaciones (velocidades) y exigencias (presiones mínimas) que requieren compromiso y no están resueltas por el texto.
- **Limitaciones y dudas sobre el cálculo de grupos de elevación**, lo que hace recurrir a los proyectistas al uso de otras normas.

### **1.2.1.3. EVACUACIÓN DE AGUAS (DB HS5) – SANEAMIENTO Y DRENAJE**

- **UNIDADES DE DESAGÜE COMO MÉTODO DE DIMENSIONADO DE TUBERÍAS**

El DB-HS 5 asigna a cada aparato sanitario un número de unidades de desagüe (UD) diferenciado por uso privado y uso público, y a partir de esa suma tabular se dimensionan derivaciones y colectores. Esta diferenciación pretende introducir, de forma implícita, un criterio de simultaneidad de descargas (más severa en uso público que en privado). Sin embargo, el esquema resulta excesivamente grosero para la casuística real de los edificios no residenciales:

- Bajo esta lógica, un taller o planta industrial ligera podría acabar asimilándose a unas oficinas solo por compartir el rótulo de “uso público”, cuando los patrones de descarga (duración, caudales punta, intermitencia, vertidos continuos/semi-continuos) no tienen nada que ver. Esta homogenización conduce a errores sistemáticos: sobredimensionado en oficinas y, en sentido opuesto, posible infradimensionado en ciertos procesos industriales con descargas concentradas o equipos con ciclos rápidos.
- En el mismo apartado, el DB-HS 5 **establece que derivaciones individuales con longitud > 1,5 m deben verificarse mediante fórmulas (pendiente, velocidad, grado de llenado)**. Si para esos tramos el propio código exige cálculo hidráulico detallado, la pregunta evidente es: **¿por qué no aplicar ese mismo rigor a todas las derivaciones y colectores?** La hidráulica de la autolimpieza (velocidades, esfuerzos cortantes, régimen parcialmente lleno) no cambia por tener 1,4 m o 1,6 m; lo que cambia es el riesgo de error si se prescinde del cálculo. El umbral de 1,5 m es arbitrario desde el punto de vista físico y favorece soluciones dispares ante situaciones muy parecidas.
- **Para aparatos no listados en la tabla principal, la norma remite a otra tabla que asigna UD únicamente por diámetro de desagüe.** Este criterio ignora por completo el caudal real que evacua el equipo (descarga instantánea o caudal continuo), la velocidad resultante en la conducción (clave para autolimpieza y evitar sedimentación), el grado de llenado y la pendiente disponible, y la rugosidad y el material del conducto.

El tratamiento tabular de las UD en el DB-HS 5 resulta demasiado impreciso para dimensionar con fiabilidad redes de saneamiento en edificios no residenciales.

La simultaneidad “encubierta” por uso público/privado no es trasladable a tipologías tan distintas como oficinas, cocinas o pequeños procesos industriales. En consecuencia, no debería emplearse como método único de diseño. La verificación mediante fórmulas (velocidad, pendiente, grado de llenado) debería ser la regla general, no la excepción.

- **CRITERIOS EXIGIDOS POR LA NORMATIVA DIFÍCILMENTE CUANTIFICABLES SIN EL USO DE FÓRMULAS.**

El DB HS 5 “Evacuación de aguas” establece una serie de condiciones hidráulicas que deben cumplirse en el dimensionado de las redes de saneamiento. Entre ellas destacan las relativas al grado de llenado y a la velocidad mínima de autolimpieza:

- **Bajantes de aguas residuales:** se exige que el nivel de llenado **no supere 2/3 del diámetro interior** de la tubería. Esta condición busca mantener un flujo en régimen de lámina libre y garantizar la ventilación de la red, evitando fenómenos de sobrepresión o succión indeseada.
- **Colectores horizontales de aguas residuales:** deben diseñarse de forma que trabajen normalmente a **media sección (50 % del diámetro)** y nunca superar los 3/4 de llenado. Esto permite mantener un equilibrio entre capacidad de transporte y ventilación adecuada de la conducción.

Con estas exigencias del DBHS5, resulta poco convincente el uso del método que ellos proponen ya que, por lo expuesto anteriormente, no se sabe muy bien el origen o las bases científicas de este método.

El método tabular que permite el DB HS 5 presenta limitaciones evidentes frente a estas exigencias:

- **Ambigüedad en la definición del diámetro resultante.** El método tabular del DB HS5 asigna directamente un “diámetro mínimo” para cada tramo, pero la normativa no especifica si dicho valor corresponde al diámetro nominal del tubo o al diámetro interior útil. Esta falta de precisión puede generar confusión en el proceso de diseño, ya que distintos materiales presentan espesores y diámetros interiores diferentes para una misma denominación comercial. En consecuencia, el proyectista puede

seleccionar un tubo que cumpla el diámetro nominal indicado en la tabla pero que no garantice la sección hidráulica real necesaria, lo que reduce la fiabilidad del método frente a un dimensionado basado en cálculos hidráulicos explícitos.

- **No asegura los grados de llenado normativos.** Al basarse únicamente en la asignación de unidades de desagüe, el método no considera la geometría de la tubería ni calcula el radio hidráulico, por lo que no es posible comprobar de manera fiable si los colectores trabajan al 50 % o si las bajantes se limitan a 2/3 de llenado.
- **No verifica la velocidad de arrastre.** Al no calcular la velocidad en función de la pendiente, la rugosidad y la sección hidráulica, no puede demostrarse el cumplimiento de la velocidad mínima de 0,6 m/s, que es indispensable para mantener la autolimpieza y evitar la acumulación de sólidos.
- **Limitación del ajuste mediante coeficientes.** En el caso de las pluviales, el DB HS5 no recalcula los caudales ni los parámetros hidráulicos en función de la intensidad de lluvia, sino que simplemente indica que los valores del método tabular deben corregirse multiplicándolos o dividiéndolos por un coeficiente según la zona pluviométrica. Este enfoque presenta una limitación evidente: el comportamiento real de la instalación no se modifica proporcionalmente, y reducirlo a un factor numérico hace que el resultado final dependa por completo de tablas genéricas. Esto puede llevar a diámetros poco representativos de la lluvia real del emplazamiento, ya que el método no permite ajustar con precisión tramos concretos ni analizar situaciones críticas, quedando muy por detrás de un cálculo hidráulico en términos de fiabilidad y detalle.
- **Incoherencia metodológica.** La propia norma reconoce que, para derivaciones individuales de longitud superior a 1,5 m, es necesario recurrir a fórmulas hidráulicas, lo que pone en evidencia que el método tabular no es suficiente ni internamente coherente para garantizar el cumplimiento de las condiciones básicas de funcionamiento.

Si bien el DB HS 5 fija de manera clara los valores normativos de grado de llenado y de velocidad mínima, el método tabular que propone no ofrece mecanismos para comprobar que dichas condiciones se cumplen realmente. Al no integrar las variables hidráulicas esenciales (pendiente, rugosidad, radio hidráulico, caudal real), el resultado del dimensionado puede apartarse de las condiciones de diseño que la propia normativa establece.

### **1.2.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

El presente Trabajo Fin de Grado se plantea con el propósito de dar respuesta a una problemática real que afecta de manera directa al diseño de instalaciones de fluidos en edificios del sector no residencial. La normativa actualmente en vigor, recogida en los Documentos Básicos HS del Código Técnico de la Edificación (CTE), constituye el marco de referencia obligatorio para proyectistas e ingenierías. No obstante, tal y como se ha expuesto en los antecedentes, estos documentos presentan carencias significativas en lo relativo a los procedimientos de cálculo hidráulico y de ventilación. Dichas limitaciones se traducen en incertidumbre técnica, criterios de difícil interpretación y, en algunos casos, en resultados poco coherentes con la realidad del uso al que se destinan los edificios.

En este contexto, la **finalidad principal del proyecto** es realizar una **comparativa sistemática de los distintos métodos de cálculo aplicables al dimensionado de redes de fontanería, evacuación de aguas y ventilación en edificios no residenciales**, tomando como referencia un centro educativo infantil. Este análisis busca poner de manifiesto en qué medida las diferentes metodologías (normas UNE, métodos racionales, enfoques tabulares y fórmulas hidráulicas) conducen a soluciones divergentes y cuáles de ellas resultan más ajustadas a las necesidades reales de este tipo de instalaciones.

El trabajo se orienta, por tanto, a establecer un marco de análisis crítico que permita:

- **Evaluar la coherencia técnica** de los métodos reconocidos en la normativa y en documentos de apoyo, identificando sus limitaciones frente

a las condiciones de diseño exigidas (caudales simultáneos, velocidades mínimas de arrastre, grados de llenado, etc.).

- **Analizar la aplicabilidad de los métodos en tipologías no residenciales**, donde la concentración de usos en periodos concretos difiere sustancialmente de los patrones de consumo en viviendas. Un centro de educación infantil, con la elevada simultaneidad de uso de servicios higiénicos durante recreos o de la cocina en franjas horarias específicas, constituye un ejemplo representativo de estas singularidades.
- **Comparar los resultados obtenidos** al aplicar distintas metodologías de cálculo sobre un mismo caso práctico, mostrando cómo las decisiones normativas o metodológicas pueden dar lugar a redes sobredimensionadas (con mayores costes y pérdidas energéticas) o, por el contrario, a instalaciones con riesgo de insuficiencia hidráulica y problemas de salubridad.
- **Proponer criterios de diseño más racionales y fundamentados** que ayuden a los profesionales a elegir la técnica de cálculo más adecuada según el uso del edificio, reduciendo la dependencia de interpretaciones subjetivas.

De esta manera, el proyecto no se limita a reproducir los procedimientos normativos, sino que busca **contribuir a un debate técnico** sobre la vigencia y la eficacia de los documentos reglamentarios, destacando la importancia de armonizar los requisitos legales con los conocimientos hidráulicos consolidados y con la realidad del sector de la edificación no residencial.

En última instancia, el objetivo es **ofrecer una base comparativa que pueda servir de apoyo a futuros proyectistas y técnicos**, facilitando la toma de decisiones más informadas y justificadas. Con ello se persigue no solo garantizar el cumplimiento de las exigencias mínimas establecidas en el CTE, sino también optimizar las instalaciones desde un punto de vista funcional, económico y de sostenibilidad.

En conclusión, el trabajo pretende demostrar que **la evaluación crítica de los métodos de cálculo es una herramienta imprescindible** para superar las limitaciones y contradicciones que arrastra la normativa vigente. El análisis

---

comparativo realizado permitirá valorar la adecuación de cada método en situaciones reales de uso intensivo y heterogéneo, como las que se dan en los edificios de enseñanza, y contribuirá a la mejora futura de los criterios normativos aplicables al diseño de instalaciones hidráulicas y de ventilación en el ámbito no residencial.



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.

El edificio objeto de estudio, sobre el cual se lleva a cabo el diseño y dimensionado de las instalaciones hidráulicas incluidas en este trabajo, es una edificación de uso terciario, destinada a docencia infantil, cuya tipología responde a las necesidades funcionales y operativas de un centro educativo de educación infantil.



*Ilustración 2.1. Vista 3D del edificio objeto de estudio*

Se trata de un edificio de planta baja y cubierta, sin plantas sobre rasante adicionales, lo que simplifica el análisis hidráulico vertical pero amplía el desarrollo de las redes horizontales. Toda la actividad docente y administrativa se desarrolla en la planta baja, facilitando el acceso a los distintos espacios y garantizando la accesibilidad universal.

El colegio está ubicado en el municipio de **Banyeres de Mariola**, situado al norte de la provincia de Alicante, dentro de la Comunidad Valenciana. Esta ubicación geográfica presenta un clima mediterráneo continentalizado, lo que influye ligeramente en el diseño de la red exterior y el cálculo de las condiciones mínimas de presión y caudal requeridas.

La distribución funcional del edificio responde a las necesidades educativas, e incluye:

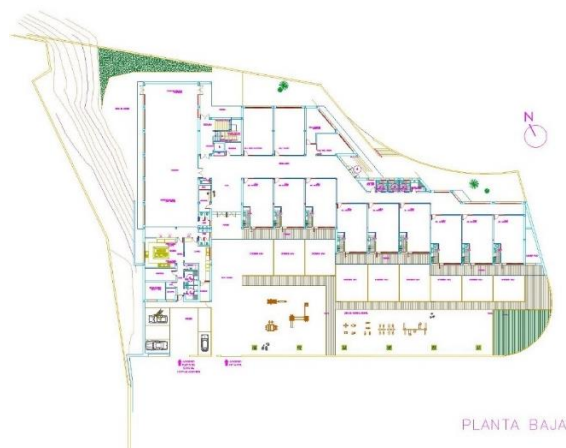
- 9 aulas de educación infantil, que constituyen el núcleo docente principal.
- Aula taller y aula de pequeño grupo, destinadas a actividades específicas.

- Sala de profesores y sala de usos múltiples, que dan soporte a las actividades del centro.
- 15 baños, estratégicamente distribuidos para cubrir tanto zonas comunes como espacios docentes.
- 2 vestuarios, vinculados a la zona de cocina y actividades deportivas.
- Comedor, cocina industrial y zona de lavado, que garantizan el servicio de alimentación a los alumnos.
- Despensa y cuartos técnicos/almacenes, que completan la funcionalidad del edificio.

La presión de suministro existente en el municipio, aunque no garantizada por la red general, es de 52 metros de columna de agua (m.c.a.).

El plano general del edificio adjunto a continuación (para mejor visualización consultar el **ANEXO PLANOS**) permite visualizar la distribución detallada de las estancias.

Tanto el aspecto arquitectónico y funcional condiciona el esquema hidráulico de la red de abastecimiento, que se desarrolla en distribución horizontal, siendo la solución más adecuada por la ausencia de plantas superiores y la dispersión superficial de los puntos de consumo.





*Ilustración 2.2 Vista en planta de las distintas alturas del edificio objeto de estudio.*

## 2.2. ECUACIONES DE CÁLCULO

Para alcanzar el objeto del presente proyecto, resulta imprescindible realizar el cálculo y dimensionado de las instalaciones de fontanería, saneamiento y ventilación. Para ello, es necesario emplear las ecuaciones descritas en el presente apartado, las cuales constituyen la base metodológica.

### 2.2.1. ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA MASA

La ecuación de conservación de la masa establece que, en un sistema cerrado, la masa de un fluido que circula a través del mismo se mantiene constante en todo momento. En consecuencia, el flujo másico que ingresa por una sección del sistema es igual al que sale por la otra, garantizando así el principio de continuidad.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

Dado que el flujo másico se define como el producto de la densidad del fluido y el caudal:

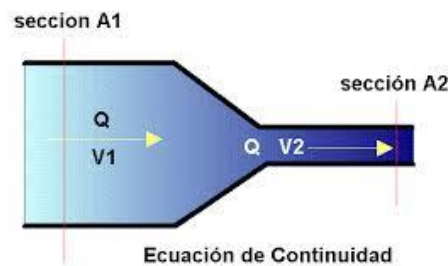
$$\rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$

En el caso del flujo incompresible, las propiedades del fluido permanecen invariables, manteniéndose constante su densidad a lo largo del sistema. Bajo esta condición, el caudal en el conducto también se conserva, y se establece una relación entre la velocidad del fluido y el área de la sección transversal en

dos puntos distintos del conducto (*Ilustración 2.3.*), de manera que el producto de ambas magnitudes permanece constante.

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$



*Ilustración 2.3. Definición de la ecuación de la conservación de la energía mecánica*

Asimismo, estas expresiones resultan aplicables a cualquier tipo de fluido, independientemente de que el régimen de circulación sea laminar o turbulento, y pueden emplearse en todo tipo de conductos, con independencia de su geometría o disposición.

### 2.2.2. ECUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA.

La ley de conservación de la energía establece que la energía no puede crearse ni destruirse, sino únicamente transformarse de una forma a otra. En consecuencia, la cantidad total de energía de un sistema permanece constante, salvo que se produzca un aporte o una extracción de energía desde el exterior.

Por lo tanto, la ecuación de la energía mecánica establece que la variación de la energía mecánica total (energía cinética, potencial y gravitatoria) en un volumen de control puede modificarse debido a la potencia aportada por un elemento mecánico o a las pérdidas por rozamiento (expresadas mediante el coeficiente de disipación viscosa).

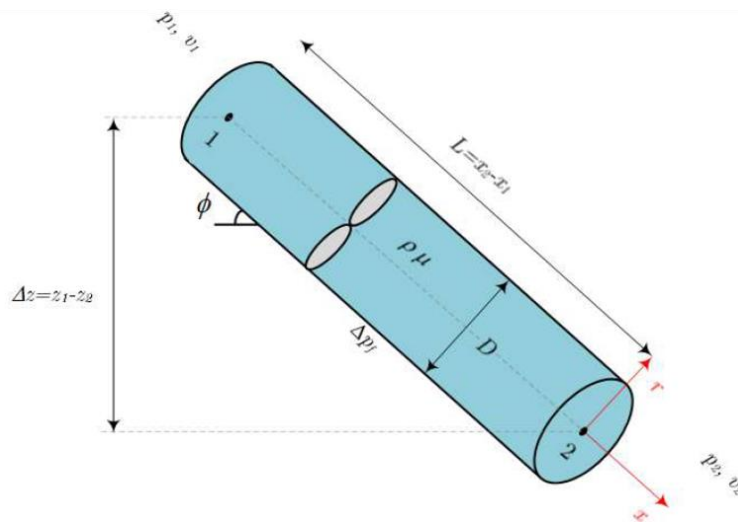


Ilustración 2.4. Definición de un tramo para la ecuación de conservación de la energía

La siguiente expresión recoge la ecuación de conservación de la energía para flujos incompresibles en el interior de la conducción (densidad constante) aplicada al volumen de control mostrado en la **Ilustración 2.4.**, cuyo tramo mantiene constante su sección transversal. Asimismo, esta formulación de la conservación de la energía es válida para cualquier régimen de flujo, tanto laminar como turbulento, dado que no se ha introducido ninguna distinción específica al respecto.

$$\dot{m} \cdot \left( \frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v^2 + g \cdot z \right)_1 = -\dot{W} - \phi_v$$

La simplificación de la ecuación de conservación de la energía se puede llevar a cabo mediante la definición del flujo másico ( $\dot{m}$ ) y la definición de la potencia suministrada o demandada por un elemento mecánico ( $\dot{W}$ ):

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

$$\dot{W} = \rho g H Q = \dot{m} g H$$

Quedando la ecuación de la conservación de la energía mecánica como:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_1^2 + g \cdot z_1 \pm g H - \frac{\Delta p_f}{\rho} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2} \cdot v_2^2 + g \cdot z_2$$

Si dicha expresión se divide entre el término gravitatorio, la ecuación pasa a expresarse en metros (metros columna de agua o aire):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \pm H - \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

De manera que la relación existente entre el coeficiente de disipación viscosa y el flujo másico define la pérdida por fricción:

$$\frac{\phi_v}{\dot{m}} = \frac{\Delta p_f}{\rho g} \quad \Rightarrow \quad h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g}$$

### 2.2.3. ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH

Las pérdidas de carga por fricción se determinan mediante la fórmula de Darcy-Weisbach, la cual permite determinar la energía que se pierde cuando un fluido discurre a una determinada velocidad por el interior de una conducción de unas determinadas características. Dicha expresión resulta aplicable a cualquier régimen de flujo incompresible, tanto en conducciones a presión como en régimen de lámina libre, y resulta válida para cualquier tipología de sección transversal. Asimismo, la pérdida de carga obtenida puede expresarse indistintamente en pascales o en metros, según las necesidades del cálculo hidráulico.

$$\Delta p_f = \frac{\tau_w}{r_m} L = \lambda \frac{L}{4 r_m} \rho \frac{v^2}{2} = \lambda \frac{L}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} [Pa]$$

$$h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} [m]$$

Aparece en la ecuación de Darcy-Weisbach un parámetro fundamental denominado diámetro hidráulico ( $D_h$ ), el cual se emplea como magnitud característica para representar la geometría de la sección transversal del conducto. Éste se define como el diámetro equivalente de un conducto circular que, para una misma velocidad del fluido y sección de paso A, generará la misma pérdida de carga lineal que el conducto no circular en cuestión.

$$D_h = 4 \frac{A}{p_m}$$

En el caso particular de los conductos con sección circular, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro del conducto.

$$D_h = 4 \frac{A}{p_m} = 4 \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = D$$

En el caso particular de los conductos con sección rectangular, el diámetro hidráulico queda:

$$D_h = 4 \frac{A}{p_m} = 4 \frac{bh}{2(b+h)} = \frac{2bh}{b+h}$$

De este modo, el empleo del diámetro hidráulico permite extender la aplicabilidad de la ecuación de Darcy-Weisbach al cálculo de pérdidas en conductos de secciones de diferentes geometrías.

La fórmula de Darcy-Weisbach depende directamente del factor de fricción de Darcy ( $\lambda$ ), el cual representa el esfuerzo cortante adimensional ejercido por el fluido sobre las paredes de la conducción.

$$\lambda = \frac{8\tau_w}{\rho v^2}$$

El cálculo del factor de fricción de Darcy puede realizarse mediante el uso del diagrama de Moody o a partir de las correlaciones derivadas de dicho diagrama. Para su determinación, es indispensable establecer previamente el régimen de flujo dentro de la tubería, el cual puede clasificarse como laminar o turbulento (**Ilustración 2.5.**).

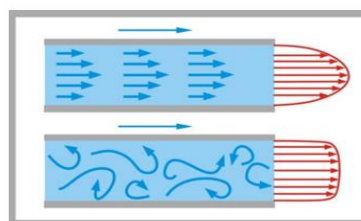


Ilustración 2.5. Comparativa de flujo laminar y flujo turbulento.

En el caso de un flujo laminar, el esfuerzo cortante en el interior del conducto está determinado por el diámetro hidráulico de la tubería, la viscosidad, la densidad y la velocidad del fluido. En consecuencia, el factor de fricción de Darcy resulta ser función directa del número de Reynolds, el cual es definido a partir de estas variables.

$$\tau_{\omega} = \tau_{\omega}(D_h, \mu, \rho, v)$$

$$Re = \frac{\rho v D_h}{\mu}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{\rho v D_h}$$

Por otro lado, cuando el flujo se encuentra en régimen turbulento, el esfuerzo cortante no solo depende de las propiedades del fluido y de las dimensiones geométricas del conducto, sino también de la rugosidad de la superficie interna del conducto. En este escenario, el factor de fricción de Darcy se establece en función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería.

$$\tau_{\omega} = \tau_{\omega}(D_h, \mu, \rho, v, \varepsilon)$$

$$\lambda = \lambda\left(\frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h}\right) = \lambda\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_h}\right)$$

El diagrama de Moody (**Ilustración 2.6.**) se encuentra dividido en cinco regiones: zona laminar, zona crítica, zona de transición, zona hidráulicamente rugosa y zona hidráulicamente lisa. En las presentes instalaciones, el flujo presenta carácter turbulento y, de acuerdo con el diagrama de Moody, se localiza en la zona de transición. Para ello, el cálculo del factor de fricción puede determinarse, entre otros métodos, mediante las correlaciones de Colebrook-White, Swamee-Jain y Haaland.

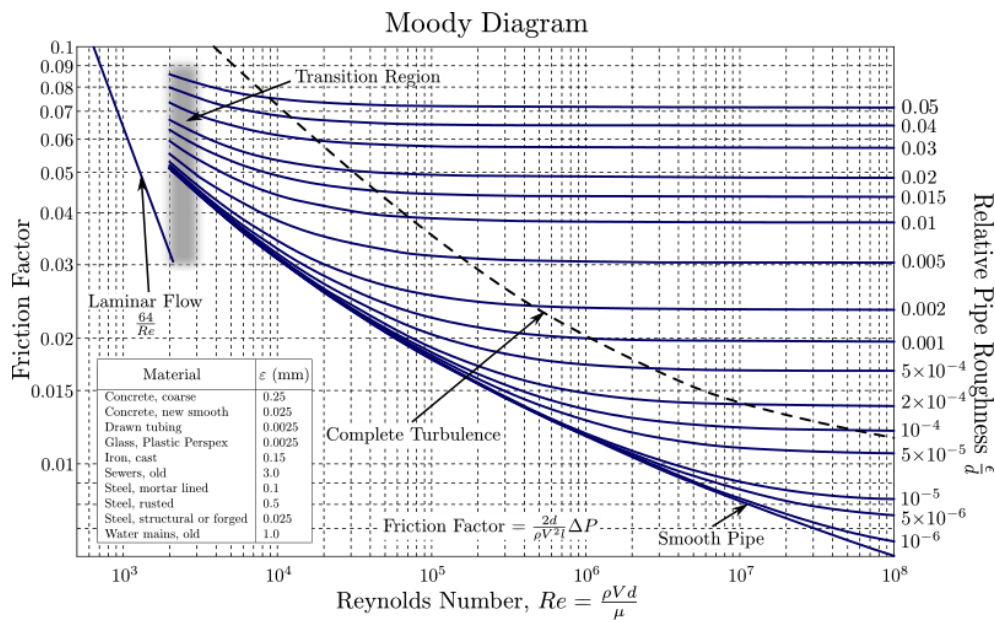


Ilustración 2.6. Diagrama de Moody.

Considerando las ventajas que ofrece la ecuación de Swamee-Jain, principalmente su carácter explícito, que permite obtener resultados de forma directa sin necesidad de recurrir a procesos iterativos, así como el bajo margen de error asociado, se ha optado por emplear dicha expresión para el cálculo de la instalación. No obstante, cabe señalar que la validez de dicha expresión se encuentra restringida a valores del número de Reynolds comprendidos en el rango de  $4000 \leq Re \leq 10^8$ , en el cual se encuentran los valores asociados a las presentes instalaciones.

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\epsilon}{3,71} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

El criterio de diseño habitualmente empleado en las instalaciones de transporte de fluidos se establece a partir de la representación de la pérdida de energía por unidad de longitud de conducción. A este parámetro se le denomina pendiente hidráulica ( $j$ ).

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} = \frac{\lambda}{D_h} \rho \frac{Q^2}{2A^2} \text{ [Pa/m]} \Leftrightarrow j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h} \frac{v^2}{2g}$$

$$= \frac{\lambda}{D_h} \frac{Q^2}{2A^2 g} \text{ [mca/m]}$$

La ecuación de Darcy-Weisbach permite calcular las pérdidas primarias de carga, asociadas exclusivamente a la fricción del fluido con las paredes del conducto. Sin embargo, durante el transporte de fluidos en una instalación también se generan pérdidas adicionales en los distintos accesorios presentes en la red, tales como válvulas, codos, contracciones, expansiones, bifurcaciones, entre otros. Estas pérdidas se denominan pérdidas menores o secundarias. Para su cuantificación, se introduce un coeficiente adimensional ( $K$ ), cuyo valor depende de la geometría y características de cada accesorio, y que habitualmente se obtiene a partir de tablas, ábacos o información suministrada por el fabricante.

$$\Delta p_m = K\rho \frac{v^2}{2} [Pa] \quad \Leftrightarrow \quad h_m = K \frac{v^2}{2g}$$

En consecuencia, las pérdidas totales de carga en una conducción corresponden a la suma de las pérdidas primarias por fricción y las pérdidas menores asociadas a los accesorios de la instalación.

$$h_T = h_f + h_m = \sum_i \left( \lambda_i \frac{L_i}{D_i} \frac{v_i^2}{2g} + \sum_j K_j \frac{v_i^2}{2g} \right)$$

## **2.2.4. CARACTERIZACIÓN.**

### **2.2.4.1. FLUJO INCOMPRESIBLE A PRESIÓN.**

Un flujo incompresible a presión se caracteriza porque la densidad del fluido permanece constante durante todo su movimiento, sin experimentar variaciones. Asimismo, el fluido circula completamente confinado en el interior de una conducción cerrada, de modo que la energía del sistema está dominada por la presión existente en el interior de dicha conducción.

### **HIDRÁULICA**

Un sistema hidráulico se compone de una red de conductos por los que circula el agua. Habitualmente, estas tuberías presentan sección circular, dado que esta geometría ofrece un mejor comportamiento frente a esfuerzos generados por la presión interna, reduciendo significativamente el riesgo de deformación.

Las presiones en este tipo de instalaciones se expresan habitualmente en metros de columna de agua (mca). Asimismo, en el caso particular de los sistemas hidráulicos, es posible aplicar determinadas simplificaciones tanto a la ecuación de conservación de la energía como a las ecuaciones de pérdidas:

- Término cinético

En este tipo de instalación, los valores de presión y energía potencial presentan una magnitud significativamente superior a la de la energía cinética. Esto se debe a que el término asociado a la velocidad al cuadrado reduce de forma notable la aportación de la energía cinética en comparación con el resto de términos del balance energético.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 \gg \frac{v^2}{2g} \Rightarrow \frac{v^2}{2g} \approx 0$$

Por este motivo, se considera dicho término despreciable a efectos de simplificación en los cálculos, sin que ello afecte de manera relevante a la precisión de los resultados obtenidos.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + H - h_T = \frac{P_2}{\rho g} + z_2$$

- Diámetro hidráulico

Dado que las tuberías de agua son de sección circular, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro interior de la tubería.

$$D_h = \frac{4A}{P_m} \Rightarrow D_h = D$$

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando que la unidad empleada para expresar las presiones es el metro de columna de agua (mca), las ecuaciones de pérdida de presión se expresan de la siguiente manera:

$$h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \lambda \frac{L v^2}{D 2g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \text{ [mca]}$$

$$j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda v^2}{D 2g} = \frac{\lambda}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \text{ [mca/m]}$$

$$h_m = K \frac{v^2}{2g}$$

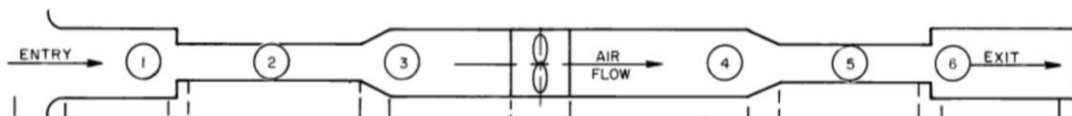
$$h_T = \left( \lambda \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

## VENTILACIÓN

En la instalación de ventilación se aplican determinadas particularidades que deben ser consideradas, las cuales afectan tanto en la ecuación de conservación de la energía como a la formulación de las pérdidas de carga:

- La unidad de medida utilizada para expresar las presiones es el pascal (Pa)
- Término cinético no despreciable y adición del término térmico.

En los sistemas de ventilación, el término cinético adquiere una relevancia significativa y, por tanto, no puede ser despreciado en el balance energético. Asimismo, en la ecuación de conservación de la energía aparece un término adicional de carácter térmico, asociado a las variaciones de densidad producidas por los cambios de temperatura del fluido, los cuales pueden generar movimiento inducido del aire.



*Ilustración 2.7. Definición de un tramo en una instalación de ventilación.*

Por este motivo, se presenta la ecuación de conservación de la energía aplicada al volumen de control representado en la **Ilustración 2.7.**, en dicha ecuación se incorporan tanto los efectos cinéticos como los efectos térmicos característicos del funcionamiento de los sistemas de ventilación. Asimismo, se adopta el pascal (Pa) como unidad de medida de las presiones.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2} v_1^2 + g z_1 - \frac{\Delta p_{T16}}{\rho} + \frac{\Delta p_v}{\rho} = \frac{p_6}{\rho} + \frac{1}{2} v_6^2 + g z_6$$

$$\Delta p_v = (p_6 - p_1) + \frac{1}{2} \rho (v_6^2 - v_1^2) + g(\rho - \rho_a)(z_6 - z_1) + \Delta p_{T16}$$

- **Diámetro hidráulico.**

Los conductos de ventilación pueden presentar tanto sección circular como no circular, por lo que resulta necesario determinar el diámetro hidráulico.

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

Para el caso de un conducto rectangular, el diámetro hidráulico queda:

$$D_h = 4 \frac{A}{p_m} = 4 \frac{bh}{2(b+h)} = \frac{2bh}{b+h}$$

Asimismo, todas las ecuaciones empleadas para el cálculo de las pérdidas de presión dependen directamente del diámetro hidráulico:

$$\Delta p_f = \lambda \frac{L}{4 \frac{A}{p_m}} \rho \frac{v^2}{2} = \lambda \frac{L}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} [Pa]$$

$$\Delta p_m = K \rho \frac{v^2}{2} [Pa]$$

$$\Delta p_{T_i} = \sum_i^n \left( \Delta p_{f_i} + \sum_j^k \Delta p_{m_{ij}} \right)$$

#### 2.2.4.2. FLUJO INCOMPRESIBLE EN LÁMINA LIBRE

En la instalación de saneamiento, el movimiento del fluido en los conductos se produce por efecto de la gravedad, como consecuencia de la pendiente longitudinal que presentan las tuberías. Es importante señalar que en el interior de estos conductos coexisten dos fluidos: aire y agua. Por ello, en el dimensionamiento se introduce el concepto de grado de llenado, definido como el porcentaje del conducto ocupado por agua respecto a su sección total.

A partir de la aplicación de la ecuación de conservación de la energía en un tramo recto de tubería en pendiente (**Ilustración 2.8.**), y considerando que en dicho tramo la presión en las secciones inicial y final es equivalente, así como la velocidad (sección de paso constante), las únicas pérdidas que deben contemplarse son las asociadas a la fricción.

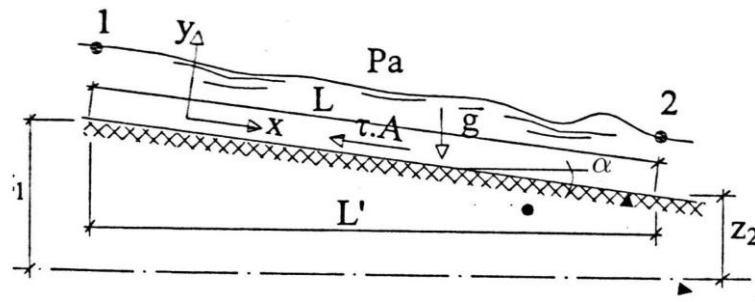


Ilustración 2.8. Tramo recto de tubería con pendiente.

En este caso, la ecuación de la energía se simplifica de manera que las pérdidas por fricción resultan equivalentes a la diferencia de cotas entre los extremos del conducto.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{1}{2g} \cdot v_1^2 + z_1 - h_{f_1} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{1}{2g} \cdot v_2^2 + z_2$$

$$h_{f_1} = z_1 - z_2$$

Si se iguala este planteamiento con la expresión de Darcy-Weisbach para pérdidas primarias, se obtiene la expresión de la velocidad del fluido mediante la ecuación de Chézy, en la que intervienen la pendiente del conducto ( $s$ ) y la forma del canal, ésta última representada por el radio hidráulico ( $r_h = \frac{A}{P}$ ).

$$h_f = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} \Rightarrow z_1 - z_2 = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{4r_h} \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{r_h s}$$

No obstante, el uso directo de la ecuación de Chézy requiere de un proceso iterativo. Para simplificar los cálculos, se recurre a la formulación de Manning, la cual aproxima el coeficiente de Chézy en función de la raíz sexta del tamaño característico del canal.

$$\sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \approx \frac{r_h^{1/6}}{n}$$

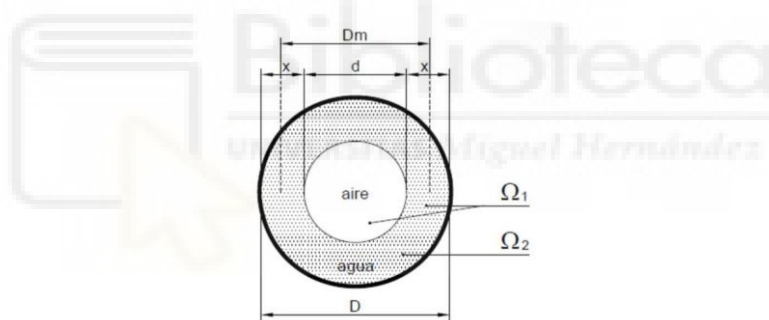
Al sustituir dicha relación en la ecuación de Chézy, se obtiene la ecuación de Manning, que permite calcular de manera directa el caudal o la velocidad del flujo

en función del coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ), el radio hidráulico ( $r_h$ ) y la pendiente ( $s$ ).

$$v = \frac{1}{n} r_h^{2/3} s^{1/2} \quad Q = \frac{A}{n} r_h^{2/3} s^{1/2}$$

El coeficiente de Manning ( $n$ ) se encuentra definido en función de la rugosidad, la geometría y el tipo de material constitutivo del conducto.

La ecuación de Manning resulta adecuada para el cálculo de tuberías dispuestas en posición horizontal con pendiente definida. No obstante, en el caso de conductos verticales, en los cuales la pendiente es infinita, el comportamiento del flujo presenta particularidades. En estas condiciones, el agua circula adherida a las paredes interiores del conducto, dejando libre la parte central para el paso del aire (**Ilustración 2.9.**), lo que genera un régimen de flujo distinto al considerado en la formulación de Manning.



*Ilustración 2.9. Área transversal de una tubería vertical en la instalación de saneamiento.*

Para este tipo de situaciones, se emplea la ecuación de Dawson-Hunter, la cual permite establecer una relación entre el caudal de agua ( $Q$ ), la fracción de sección ocupada por el agua respecto a la sección total del conducto ( $r$ ) y el diámetro del conducto ( $D$ ).

$$Q \text{ (l/s)} = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(\text{mm})]^{8/3}$$

### 2.3. MÉTODOS DE CÁLCULO

El dimensionado de las tres instalaciones (fontanería, saneamiento y ventilación) incluidas en el presente proyecto sigue una misma estructura metodológica. En primer lugar, se determina el caudal correspondiente a cada tramo. A partir de este valor, se procede al cálculo del diámetro de los conductos. Finalmente,

mediante el análisis de las presiones y de las pérdidas de carga asociadas a cada tramo, se establece el dimensionado de los equipos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

Posteriormente, se ha llevado a cabo el diseño de la instalación mediante el software cype. Para cada una de las instalaciones objeto del proyecto, se ha empleado el módulo específico de cype correspondiente, garantizando así un desarrollo coherente con las particularidades técnicas y normativas de cada sistema.

### **2.3.1. CÁLCULO DE CAUDALES**

Para la realización del cálculo del caudal, resulta imprescindible consultar la normativa aplicable en cada caso, con el fin de determinar el valor del caudal correspondiente según el tipo de aparato o elemento instalado:

- Instalación de fontanería: Documento Básico HS 4 "Suministro de Agua" del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Instalación de saneamiento: Documento Básico HS 5 "Evacuación de Aguas" del CTE.
- Instalación de ventilación: Documento Básico HS 3 "Calidad del aire interior" del CTE y del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

En el caso de las instalaciones de fontanería y saneamiento, resulta indispensable calcular la simultaneidad de los caudales, dado que no existe un suministro ni una evacuación continua de agua. En condiciones reales, no se requerirá el funcionamiento simultáneo de todos los aparatos, por lo que el dimensionado de las tuberías debe realizarse a partir de un caudal simultáneo, el cual proporciona un valor probabilístico del caudal esperado. Este caudal simultáneo puede obtenerse mediante distintos métodos de cálculo.

En el presente proyecto, los métodos empleados para el cálculo del caudal simultáneo para la instalación de fontanería son el método racional simplificado y el método UNE 149201:2017. Para la instalación de saneamiento de aguas residuales, al igual que en fontanería, el cálculo de la simultaneidad se ha realizado mediante el método racional simplificado y el método UNE

149201:2017. Aunque la norma UNE 149201:2017 no ha sido concebida específicamente para redes de saneamiento y, por tanto, presenta ciertas limitaciones en su aplicación directa, su incorporación al estudio resulta especialmente interesante, pues permite observar cómo se comporta su criterio de simultaneidad cuando se traslada a instalaciones de residuales y ofrece una perspectiva comparativa enriquecedora frente al método racional simplificado.”

Por el contrario, en la instalación de ventilación se garantiza un suministro y extracción continuos de aire, por lo que no es necesario determinar un caudal simultáneo, dado que en todo momento se impulsa o extrae la totalidad del caudal previsto en el diseño.

En el caso de las aguas pluviales de la instalación de saneamiento, el cálculo del caudal de diseño viene determinado por la intensidad pluviométrica correspondiente a la zona en la que se ubica el edificio. Por ello, se aplica el método establecido en el **Código Técnico de la Edificación**, el cual permite definir el caudal de aportación en función de las precipitaciones previstas y garantizar la correcta capacidad de evacuación del sistema, tal y como se define en el apartado **4.3.2. Red de evacuación de aguas pluviales**.

### **2.3.1.1. MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO.**

El método racional simplificado puede emplearse tanto en las instalaciones de fontanería como en las de saneamiento. Este método se caracteriza por determinar el caudal simultáneo a partir de la suma de los caudales instalados en el tramo objeto de análisis ( $Q_{INST}$ ), que posteriormente se ponderan mediante un coeficiente de simultaneidad ( $k_a$ ), cuyo valor depende del número de aparatos conectados ( $x$ ) en ese tramo. De este modo, se obtiene un caudal representativo del funcionamiento real de la instalación, ajustado a la probabilidad de uso simultáneo de los distintos aparatos.

$$Q_p = k_a Q_{INST}$$

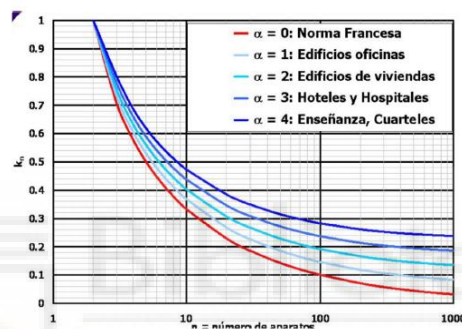
$$k_a = \frac{1}{\sqrt{x-1}} + 0,035\alpha(1 + \log(\log(x)))$$

*\*Para aquellos tramos en los que solamente se suministre agua a uno o dos aparatos, la simultaneidad no se aplica.*

Siendo

- $Q_p$  = caudal simultáneo (diseño)
- $k_a$  = coeficiente de simultaneidad
- $Q_{INST}$  = caudal instalado (la suma del caudal mínimo de cada aparato al que suministra ese tramo)
- $x$  = número de aparatos conectados
- $\alpha$  = factor en función de la tipología del edificio

El factor  $\alpha$  viene definido por el tipo de edificio que se está dimensionando, tal y como se muestra en la *Ilustración 15*.



*Ilustración 2.10. Representación gráfica del factor  $\alpha$  del método racional simplificado según tipología de edificios.*

### 2.3.1.2. MÉTODO UNE 149201:2017

La norma UNE 149201:2017 establece un procedimiento para la determinación del caudal simultáneo de cálculo en instalaciones de fontanería, fundamentado en la aplicación de expresiones de carácter exponencial.

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5} - 1,83$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27} - 6,65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,5} + 11,5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27} - 3,41$

Donde:

$Q_t$  es el caudal total instalado (suma de los caudales mínimos de cada aparato  $Q_{\min}$  según la tabla 2.1 del DB HS4)  
 $Q_c$  es el caudal simultáneo o de cálculo

*Ilustración 2.11. Expresiones para obtener el caudal simultáneo según el tipo de edificación.*

La **Ilustración 2.11.** recoge el tipo de fórmula que debe emplearse en función del tipo de edificación, caudal total o caudal mínimo unitario correspondiente a los distintos aparatos considerados. Asimismo, se establece que la fórmula seleccionada depende directamente del caudal total transportado por el tramo, entendido como la suma de los caudales aportados por todos los aparatos conectados al mismo.

## 2.3.2. CÁLCULO DE DIÁMETROS

### 2.3.2.1. INSTALACIONES A PRESIÓN (FONTANERÍA Y VENTILACIÓN)

#### FONTANERÍA

Para el cálculo de los diámetros, resulta imprescindible acotar un criterio de diseño constante, basado en el parámetro de velocidad o pendiente hidráulica, de manera que pueda seleccionarse el diámetro comercial que cumpla las condiciones establecidas.

Como se ha comentado anteriormente, en hidráulica la sección transversal de las tuberías son circulares, por lo que, el diámetro hidráulico coincide con el diámetro de la tubería. Sabiendo dicha información, se obtiene la velocidad mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow v = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

En el **apartado 2.2.4.1. Flujo incompresible a presión** se han expuesto las simplificaciones específicas aplicables a las instalaciones de fontanería. Con la expresión de la pendiente hidráulica, es posible determinar el diámetro necesario de las conducciones que cumpla el criterio de diseño establecido.

$$j = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda v^2}{D 2g} = \frac{\lambda}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \text{ [mca/m]}$$

## VENTILACIÓN

En lo que respecta a la ventilación, existen diversos métodos de cálculo para la determinación del diámetro en edificaciones no residenciales, basados en mantener constante alguno de los parámetros del diseño. Entre ellos destacan el método de velocidad constante, el método de rozamiento constante y el método de recuperación estática, cada uno de los cuales permite dimensionar la red en función del criterio predominante en el diseño

- MÉTODO DE VELOCIDAD CONSTANTE

Este método permite dimensionar los conductos a partir de la definición de la velocidad como criterio de diseño. En el caso de conductos de sección rectangular, se incorpora el concepto del diámetro hidráulico, tal y como se ha desarrollado en el apartado 2.2.3. “Ecuación de Darcy-Weisbach”.

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

$$\lambda = \lambda \left( \frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h} \right) = \lambda \left( Re, \frac{\varepsilon}{D_h} \right)$$

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} \text{ [Pa/m]}$$

- MÉTODO DE ROZAMIENTO CONSTANTE

Este método permite dimensionar los conductos a partir del caudal, definiendo como criterio de diseño la pendiente hidráulica. Asimismo, en el caso de conductos de sección rectangular, se incorpora el concepto de diámetro equivalente, entendido como aquel diámetro de un conducto circular que generaría la misma pérdida de carga lineal que el conducto rectangular para un mismo caudal.

$$D_{eq} = 1,3 \frac{(b \cdot h)^{0,625}}{(b + h)^{0,25}}$$

De este modo, la ecuación de Darcy Weisbach viene definida mediante el diámetro equivalente:

$$\lambda = \lambda \left( \frac{4Q\rho}{\pi D_{eq}\mu}, \frac{\varepsilon}{D_{eq}} \right) = \lambda \left( Re, \frac{\varepsilon}{D_{eq}} \right)$$
$$\Delta p_f = \lambda \frac{L}{D_{eq}} \rho \frac{8Q^2}{\pi^2 D_{eq}^4} = \frac{8\lambda L \rho Q^2}{\pi^2 D_{eq}^5} [Pa]$$
$$j [Pa/m] = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{\lambda}{D_{eq}^5} \rho \frac{8Q^2}{\pi^2}$$

- MÉTODO DE RECUPERACIÓN ESTÁTICA.

En este método se persigue obtener una presión estática constante en la entrada de cada una de las derivaciones de la red, con el fin de definir de manera precisa el caudal que circula por cada una de ellas. Dado que el cálculo se basa en las velocidades del flujo, resulta necesario emplear el valor del diámetro hidráulico en aquellos conductos cuya sección no sea circular.

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) - \lambda \frac{L_2}{D_{h_2}} \rho \frac{v_2^2}{2} = 0$$

$$\lambda = \lambda \left( \frac{\rho v D_h}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D_h} \right) = \lambda \left( Re, \frac{\varepsilon}{D_h} \right)$$

$$D_h = \frac{4A}{P_m}$$

### 2.3.2.2. INSTALACIONES EN LÁMINA LIBRE (SANEAMIENTO).

#### TUBERÍAS HORIZONTALES

Para el dimensionado de las tuberías horizontales se emplea la ecuación de Manning, conforme a los criterios establecidos para el cálculo hidráulico de conducciones a lámina libre, desarrollada en el apartado **2.2.4.2. Flujo incompresible en lámina libre**:

$$Q = \frac{1}{n} s^{1/2} R_h^{2/3} A$$

Siendo:

- Q: Caudal ( $m^3/s$ )
- n: Coeficiente de Manning
- A: Área de tubería ocupada por el fluido ( $m^2$ )
- $R_h$ : Radio hidráulico (m)
- s: pendiente (m/m)

Definiéndose el radio hidráulico como la relación entre el área mojada y el perímetro mojado de la sección considerada, este parámetro resulta fundamental para la caracterización del comportamiento hidráulico del flujo en conducciones parcialmente llenas o completamente llenas:

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Para conductos de sección circular completamente llenos, se tiene un área de llenado y un radio hidráulico:

$$R_{h,0} = \frac{D}{4}$$

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

Quedando el caudal de llenado ( $Q_0$ ):

$$Q_0 = \frac{1}{n} S^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}}$$

De dicha expresión es posible despejar el diámetro:

$$D(m) = \left[ 4^{5/3} Q_0 \frac{n}{\pi \sqrt{S}} \right]^{3/8}$$

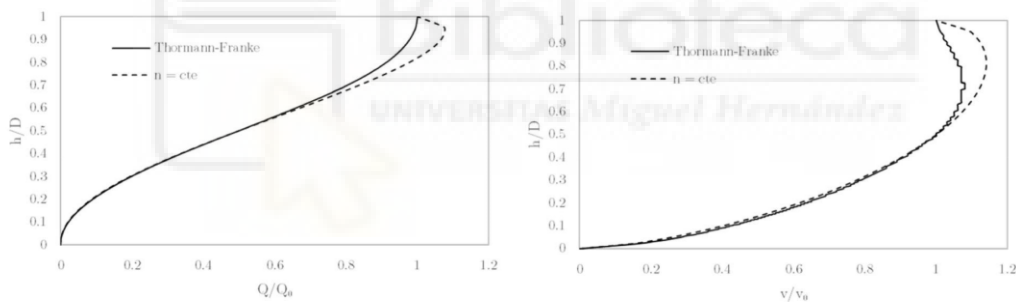
Mediante la aplicación de la ecuación de continuidad, se obtiene la velocidad de llenado ( $v_0$ ):

$$v_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{4Q_0(m^3/s)}{\pi D_{int}^2(m)}$$

Las ecuaciones expuestas han sido planteadas para el caso de un conducto completamente lleno ( $h/D = 1$ ), situación en la que resulta sencillo obtener tanto

el área mojada como el perímetro mojado, dado que coinciden respectivamente con el área y el perímetro de la propia sección del conducto. Sin embargo, los criterios de dimensionado se establecen habitualmente para grados de llenado inferiores, normalmente comprendidos entre el 50% y el 80%, lo que dificulta la determinación directa de dichos parámetros al no ser un cálculo inmediato.

Para dar respuesta a esta necesidad, se emplean las curvas de Thormann–Franke (*Ilustración 2.12.*), en las cuales se representa, por un lado, el grado de llenado y la relación entre el caudal de diseño y el caudal de llenado ( $Q/Q_0$ ), y por otro lado, el grado de llenado y la relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de llenado ( $v/v_0$ ). De este modo, es posible obtener el caudal y la velocidad correspondientes a un grado de llenado determinado a partir de los valores que tendría la conducción en flujo a sección completa, evitando así la realización de cálculos complejos y tediosos.



*Ilustración 2.12. Curvas de Thormann-Franke.*

Asimismo, estas curvas han sido traspasadas a tablas numéricas, lo que facilita aún más el proceso de cálculo y permite su aplicación directa en el dimensionado de redes de saneamiento.

De manera que conociendo la relación  $Q/Q_0$  (a través del grado de llenado y mediante las curvas Thormann–Franke) y el valor del caudal de diseño, resulta posible determinar de manera directa el correspondiente caudal de llenado. A partir de este valor, se establece el diámetro mínimo necesario para garantizar el transporte adecuado del caudal previsto en la instalación.

$$Q_0 = \frac{1}{n} S^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \quad \Rightarrow \quad D(m) = \left[ 4^{5/3} Q_0 \frac{n}{\pi \sqrt{S}} \right]^{3/8}$$

Para cada tramo se seleccionará el diámetro comercial más próximo, resultando suficiente para garantizar el transporte seguro del caudal correspondiente.

Dado que, en la mayoría de los casos, se ha seleccionado un diámetro comercial superior al diámetro de diseño, los parámetros hidráulicos previamente calculados se verán modificados. Por ello, se procederá al cálculo real de todos los parámetros, comenzando por el nuevo valor de  $Q_0$  y  $v_0$ , a partir del diámetro interior del conducto comercial seleccionado.

$$Q_0(m^3/s) = \frac{1}{n} S^{1/2} \frac{\pi D_{int}^{8/3}(m)}{4^{5/3}}$$
$$v_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{4Q_0(m^3/s)}{\pi D_{int}^2(m)}$$

Con estos valores es posible el cálculo de la relación  $Q/Q_0$ , y, a través de las tablas de Thormann-Franke, permite saber el grado de llenado real de la tubería ( $h/D$ ) y la relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de llenado ( $v/v_0$ ). Conociendo ésta última relación ( $v/v_0$ ) y el valor de  $v_0$ , es posible determinar la velocidad real de circulación ( $v$ ).

No obstante, es posible particularizar la fórmula de Manning para un grado de llenado específico, de manera que la obtención del diámetro necesario resulte más directa.

Para el caso de un grado de llenado de 50%:

$$\text{Si } \frac{y}{D} = 0,5 \rightarrow \frac{Q}{Q_0} = 0,5 \rightarrow Q_0 = 2 \cdot Q_{diseño} \rightarrow \rightarrow 2 \cdot Q_{diseño} =$$
$$\frac{1}{n} S^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \rightarrow D(m) = \left[ \frac{6,417 \cdot n \cdot Q_{diseño}}{\sqrt{S}} \right]^{3/8}$$

Para el caso de un grado de llenado de 80%:

$$\text{Si } \frac{y}{D} = 0,8 \rightarrow \frac{Q}{Q_0} = 0,913 \rightarrow Q_0 = 1,095 \cdot Q_{diseño} \rightarrow \rightarrow 1,095 \cdot$$
$$Q_{diseño} = \frac{1}{n} S^{1/2} \frac{\pi D^{8/3}}{4^{5/3}} \rightarrow D(m) = \left[ \frac{3,514 \cdot n \cdot Q_{diseño}}{\sqrt{S}} \right]^{3/8}$$

## TUBERÍAS VERTICALES

Para el cálculo de los conductos verticales se emplea la ecuación de Dawson-Hunter, la cual establece la relación entre el caudal de agua ( $Q$ ), el diámetro del conducto ( $D$ ) y la relación entre la sección ocupada por el agua y la sección total del conducto ( $r$ ). Dicha expresión ha sido desarrollada en el **2.2.4.2. Flujo incompresible en lámina libre:**

$$Q \text{ (l/s)} = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(\text{mm})]^{8/3}$$

$$D(\text{mm}) = \left[ \frac{1}{3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3}} \right]^{3/8} [Q(\text{l/s})]^{3/8}$$

Para cada tramo se seleccionará el diámetro comercial más próximo, resultando suficiente para garantizar el transporte seguro del caudal correspondiente.

Dado que el diámetro comercial seleccionado resulta superior al diámetro de diseño, el grado de llenado de la tubería será inferior al inicialmente previsto. En consecuencia, se determinará el grado de llenado real correspondiente al diámetro comercial adoptado.

No obstante, es posible particularizar la ecuación para un grado de llenado determinado, de modo que la obtención del valor final resulte más directa y se agilice el proceso de dimensionado.

$$\text{Si } r = \frac{1}{3} \quad \rightarrow \quad D(\text{mm}) = 40,86 [Q(\text{l/s})]^{3/8}$$

### 2.3.3. CÁLCULO DE PRESIONES

Dado que se ha empleado la expresión de Darcy-Weisbach para determinar el valor de la pendiente hidráulica en el dimensionado de los conductos, resulta sencillo obtener, a partir de dicho parámetro, las pérdidas primarias asociadas a la fricción a lo largo del conducto.

$$j = \frac{hf}{L} \Rightarrow hf = L * j$$

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} \Rightarrow \Delta p_f = L * j$$

En cuanto a las pérdidas de carga secundarias (debido a los accesorios) viene definida por la siguiente expresión:

$$h_m = K \frac{v^2}{2g} [m]$$

$$\Delta p_m = K\rho \frac{v^2}{2} [Pa]$$

Con la determinación del valor de las pérdidas primarias y secundarias, se obtiene la pérdida total asociada a cada tramo de la instalación. Seleccionando específicamente las pérdidas totales correspondiente al tramo más desfavorable, es posible proceder al dimensionado de los equipos mediante las simplificaciones indicadas en el apartado **2.2.4.1 Flujos Incompresibles a Presión**, garantizando que estos sean capaces de vencer las pérdidas de carga máximas presentes en el sistema y asegurar así su adecuado funcionamiento.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + H - h_T = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 [m]$$

$$\Delta p_v = (p_6 - p_1) + \frac{1}{2}\rho(v_6^2 - v_1^2) + g(\rho - \rho_a)(z_6 - z_1) + \Delta p_{T_{16}} [Pa]$$

#### 2.3.4. DIMENSIONADO MEDIANTE SOFTWARE INFORMÁTICO.

Los diseños y dimensionados realizados en el presente proyecto se han desarrollado adicionalmente utilizando la metodología BIM, para ello se ha empleado el software Cype.

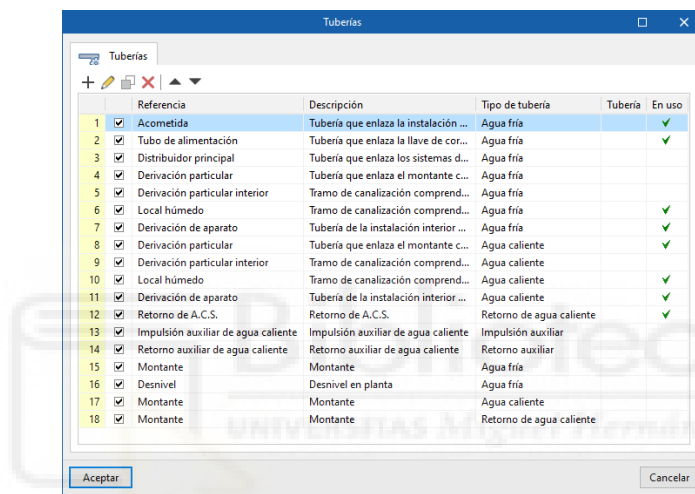
##### 2.3.4.1. INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO.

Para el caso de las instalaciones de fontanería y saneamiento, se ha utilizado concretamente el módulo destinado al diseño de instalaciones de abastecimiento de agua, captación solar térmica y evacuación de aguas residuales y pluviales, denominado **Cypeplumbing**. Este módulo dispone de dos entornos de trabajo diferenciados: **Water Systems**, orientado al diseño y cálculo de las instalaciones de suministro de agua, y **Sanitary System**, destinado al diseño y dimensionado de los sistemas de evacuación de aguas residuales y pluviales.

A continuación, se describen las configuraciones adoptadas para cada método de cálculo resueltos por el software.

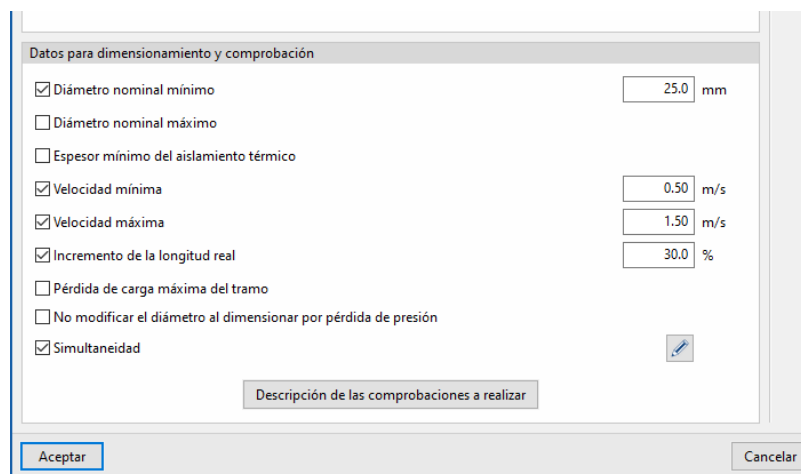
## FONTANERÍA

El módulo Water systems permite asignar las características a cada uno de los tipos de conductos que se vayan a emplear en el diseño de la instalación, pudiendo ajustar cada uno a las características que el proyectista desee. En la **Ilustración 2.13.** se muestra la pestaña desde donde se pueden asignar estas características:



*Ilustración 2.13. Pestaña "Tuberías" del módulo Cypeplumbing Water systems.*

Haciendo click en cada una, se pueden ajustar las características de diseño mostradas en la **Ilustración 2.14.:**



*Ilustración 2.14. Características de diseño ajustables mediante software Cypeplumbing Water Systems.*

En el caso de nuestro proyecto, se han elegido las siguientes condiciones de diseño:

- **Velocidad máxima de 1,5 m/s**, evitando posibles problemas de ruidos o complicaciones hidráulicas como golpes de ariete.
- **Incremento de la longitud real del 30%** para el cálculo de pérdidas secundarias en los conductos.
- En **simultaneidad**, se han elegido las configuraciones que se muestran en la **Ilustración 2.15**, eligiendo el método racional simplificado para  $\alpha = 4$ , y para la norma UNE se aplica la opción “Edificios de escuelas y polideportivos”.

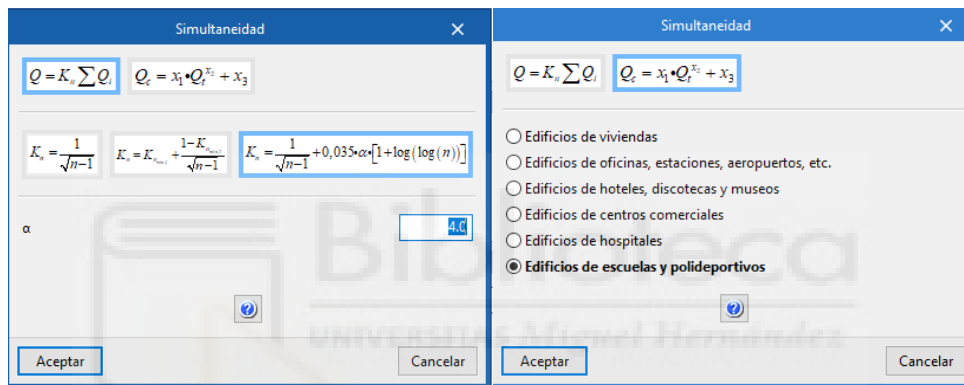


Ilustración 2.15. Características de simultaneidad de caudales ajustables mediante software Cypeplumbing Sanitary Systems.

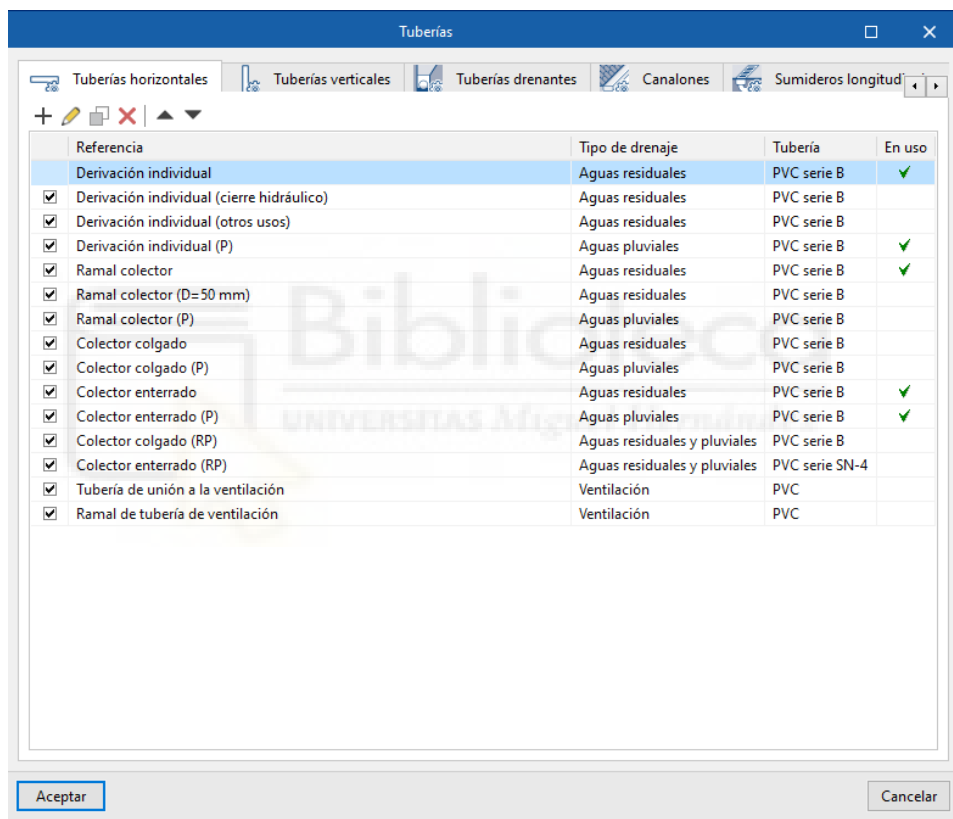
## SANEAMIENTO

En cuanto a saneamiento, como se ha comentado anteriormente, se ha empleado el software Cypeplumbing Sanitary Systems. Dentro de este módulo, en el menú principal, se muestran los distintos elementos que se pueden introducir (**Ilustración 2.16.**), siendo estos:



Ilustración 2.16. Menú principal del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems.

- **Registros.** Esta pestaña te permite introducir elementos como la acometidas, arquetas, sistemas colectores y accesorios como válvulas de aireación o registros de limpieza.
- **Descargas.** Esta pestaña está dedicada a introducir todos los consumos que recoge el DB HS5, permitiendo además introducir otros elementos en caso de que no estén contemplados en la normativa.
- **Tuberías.** Aquí es donde se introducen los conductos que compongan la red de saneamiento, diferenciados tanto para la red de residuales como la de pluviales, tal y como se muestra en la ilustración



*Ilustración 2.17. Tipos de tuberías del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems.*

Al igual que en Cypeplumbing Water Systems, el programa permite establecer las condiciones de diseño deseadas para la instalación diseñada, pudiendo ajustar las pendientes mínimas y máximas de cada tipo de tubería y la simultaneidad que necesite el proyectista (*Ilustración 2.18.*)

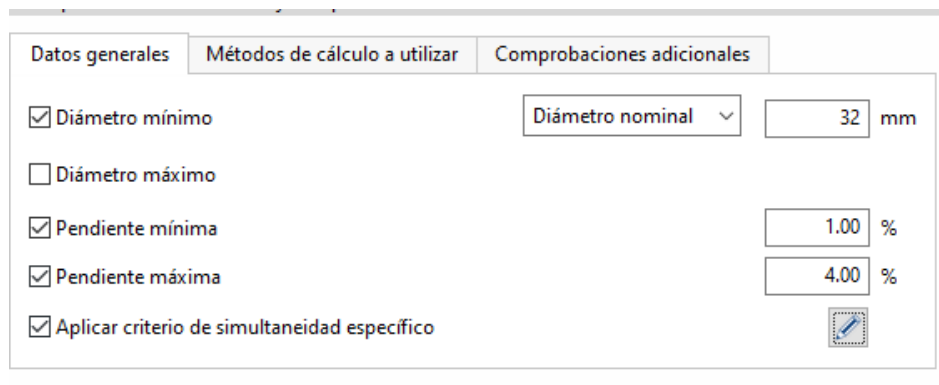


Ilustración 2.18. Características de diseño del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems.

En caso de querer fijar una pendiente a un valor exacto, basta con marcar en pendiente mínima y máxima el mismo valor.

Por último, si se quisiera realizar el cálculo con el método tabular normativo en el DB HS5, bastaría con marcar la opción de Dimensionamiento por tablas ubicado en las “Opciones Generales del programa”, tal y como se muestra en la

**Ilustración 2.19.**

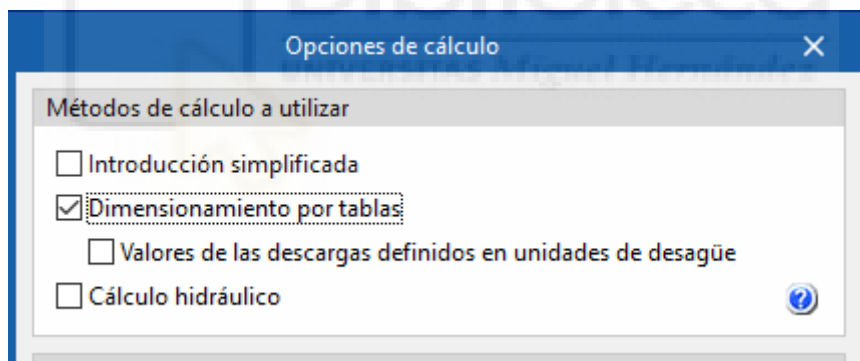


Ilustración 2.19. Opción de dimensionado por tablas del módulo Cypeplumbing Sanitary Systems.

Las condiciones de diseño elegidas se describen en los apartados **4.3 Cálculo de caudales** y **4.4. Cálculo de diámetros** del capítulo **4. Diseño y dimensionado de la red de saneamiento**.

#### **2.3.4.2. INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN.**

Para la instalación de ventilación se ha empleado el módulo de cype destinado al diseño de instalaciones de climatización (calefacción, ventilación y aire acondicionado), denominado CypeHVAC.

Para realizar instalaciones de ventilación, el programa, en su apartado distribución de aire, contempla todos los elementos necesarios para este tipo de instalaciones (Ilustración 2.20.):



Ilustración 2.20. Elementos del software CYPEHVAC para las instalaciones de ventilación.

- Equipos. Contiene elementos como ventiladores o recuperadores de calor.
- Conductos. Esta pestaña recoge tres tipos de conductos, conducto rígido, conducto semiflexible y conductos flexibles. En nuestra instalación se han utilizado conductos rígidos.
- Uniones. En esta ventana se pueden introducir todos los codos, bifurcaciones, transiciones, etc. Necesarios para la instalación.
- Terminales de aire. Contempla las rejillas, difusores y bocas.

Para establecer las condiciones de diseño, en opciones generales, distribución de aire, permite establecer la velocidad máxima admisible en conductos como la caída de presión máxima admisible. En este proyecto, para realizar los dos criterios de diseño descritos en el apartado 2.3.2.1. Instalaciones a presión, se ha optado por fijar para el criterio de velocidad una velocidad máxima admisible de 4 m/s y una caída de presión máxima de 10 Pa/m, y para el criterio de rozamiento constante, se fijará una caída de presión de 1 Pa/m y una velocidad máxima admisible de 10 m/s, tal y como se muestra en la **Ilustración 2.21**.

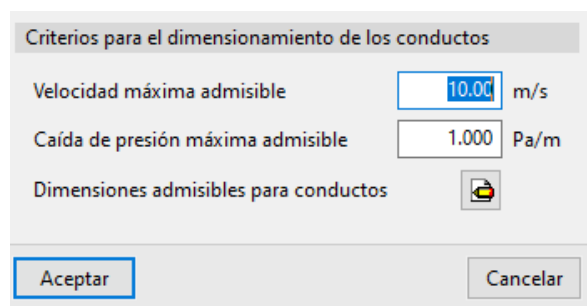


Ilustración 2.21. Opciones de cálculo del módulo CYPEHVAC.

### 3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA

#### 3.1. ASPECTOS GENERALES

El diseño y dimensionado de la red de fontanería del edificio objeto de estudio se ha llevado a cabo siguiendo principalmente los criterios establecidos en el Documento Básico HS 4 "Suministro de agua" del Código Técnico de la Edificación (CTE). Este documento constituye el marco normativo principal para el diseño de instalaciones interiores de suministro de agua en edificios, estableciendo los caudales mínimos por aparato, presiones mínimas exigidas, velocidades máximas recomendadas y criterios de cálculo de simultaneidad.

Los criterios principales adoptados son los siguientes:

- **Esquema general de la instalación:** Se ha optado por un esquema tipo B, según el **apartado 3.1 del DB HS 4**, caracterizado por un único contador general y una distribución horizontal por derivaciones a cada cuarto húmedo. Esta configuración resulta la más adecuada dadas las características del edificio, de titularidad única y sin plantas sobre rasante.
- **Cálculo de caudales:** Se han considerado los caudales mínimos unitarios por aparato según la Tabla 2.1 del DB HS 4, tal y como muestra la **Tabla 3.1. Caudal de abastecimiento de aparatos según DB HS4:**

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 3.1. Caudal de abastecimiento de aparatos según DB HS4.

El cálculo de caudales se ha obtenido aplicando coeficientes de simultaneidad calculados por dos métodos distintos para el tipo de edificación objeto de análisis:

- **Norma UNE 149201:2017** aplicada para edificios de escuelas, polideportivos.
- **Método racional simplificado con  $\alpha = 4$ .** (enseñanza, cuarteles).
  - **Cálculo de diámetros:** La selección de los diámetros se ha realizado atendiendo a las velocidades de cálculo exigidas por el Código Técnico (entre 0,5 y 3,5 m/s en tubería multicapa) y a un criterio de pendiente hidráulica comprendido entre 0,03 y 0,04 m/m, según el apartado 4.2.1 del DB HS 4. En este caso, para evitar problemas de ruidos, **se ha optado por dimensionar la instalación en base a un criterio de velocidad de 1,5 m/s.**
  - **Cálculo de pérdidas de carga:** Pérdidas primarias calculadas mediante la ecuación de Darcy-Weisbach. Pérdidas secundarias estimadas por el método de la longitud equivalente, suponiendo un **20% adicional** sobre la longitud real del tramo. Balance de energía para determinar las presiones mínimas y máximas, garantizando el cumplimiento de las exigencias normativas (100, 150 o 500 kPa en terminales según el tipo de aparato).
  - **Dimensionado de equipos:**
- **Contador general** seleccionado según el caudal permanente previsto.
- **Grupo de presión** calculado para cubrir el caudal simultáneo y garantizar la presión mínima requerida.
- **Depósito auxiliar dimensionado** conforme al tiempo de autonomía previsto.
- **Depósito presurizado (calderín)** dimensionado según la norma UNE 100155:2004.

### **3.2. PREDISEÑO DE LA RED DE FONTANERÍA**

La presión nominal de suministro disponible en la **acometida municipal es de 52 m.c.a.**, el edificio podría alimentarse directamente sin necesidad de grupos de elevación, como se justificará posteriormente en el apartado **3.9.**

**Sobrepresiones;** sin embargo, dado que la presión de red no está garantizada, se diseñó un grupo de presión como sistema alternativo.

La solución adoptada consiste en la instalación de un **by-pass y una válvula de 3 vías accionada por presión**, garantizando tanto la fiabilidad como la eficiencia energética del sistema, priorizando el suministro desde la red cuando sea posible y reservando el funcionamiento del grupo de presión para situaciones en las que la presión exterior sea insuficiente. Esta válvula permite que, cuando descienda la presión de red por debajo de la presión de arranque de las bombas, tapone el tramo de red que suministra directamente a los consumos y abra la red que circula hacia la bomba.

Los cálculos se han realizado tanto si el funcionamiento de la red de fontanería se realizara con la presión de red municipal como para el funcionamiento con el grupo de bombeo. Todo esto viene detallado en el **Apartado 3.8.2.3. Bombas** y apartado **3.9. Sobrepresiones**.

### **3.3. ESQUEMA DE LA RED DE FONTANERÍA.**

Dado que se trata de un edificio de una única titularidad, se opta por un **esquema tipo B**, con contador único y distribución horizontal. Lo anterior se justifica por la tipología del edificio, sin plantas sobre rasante, por lo que la única opción es la de distribución horizontal.

### **3.4. TRAZADO DE LA RED DE FONTANERÍA**

El trazado de la red de fontanería se ha planteado con un enfoque funcional y racional, adaptado a la distribución horizontal del edificio y a la ubicación de los cuartos húmedos. El diseño sigue un esquema tipo B, con un contador general único situado en la fachada oeste, desde donde parte la acometida de agua hasta el cuarto técnico. El recorrido principal discurre desde la acometida exterior hasta el cuarto de instalaciones, ubicado en la zona suroeste del edificio. En este cuarto se sitúa el grupo de presión, formado por un depósito auxiliar, un calderín presurizado y un conjunto de bombas.

El sistema se ha diseñado de modo **que desde la salida del grupo de presión arranque una derivación colectiva principal**, de la cual parten las diferentes derivaciones secundarias que alimentan independientemente cada cuarto

húmedo. Esta configuración permite un trazado organizado, reduce las longitudes de las derivaciones y facilita el mantenimiento de la red.

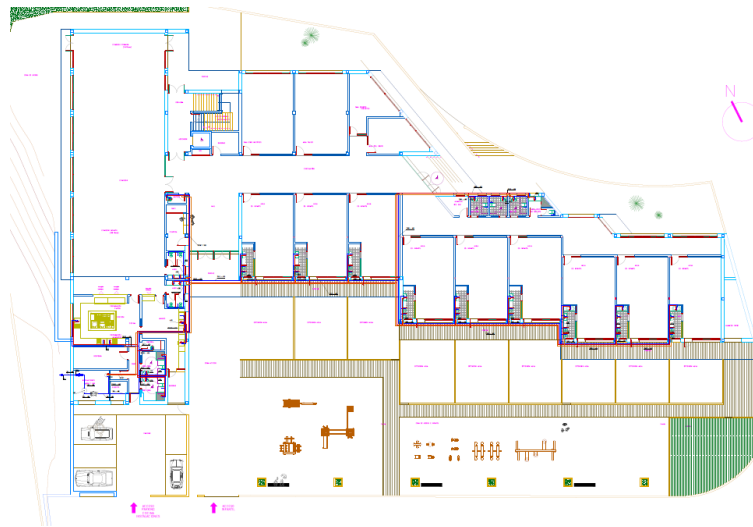
Cada cuarto húmedo cuenta con su propia llave de corte, permitiendo el seccionamiento individual de cada zona sin afectar al resto de la instalación.

El trazado previsto alimenta las siguientes zonas:

- Baños comunes del comedor.
- Zona de lavado y cocina industrial.
- Baños de la zona norte.
- Cuartos de limpieza
- Baños de las aulas de educación infantil.
- Vestuarios anexos a la cocina.

Aunque el presente documento no abarca el cálculo de la red de agua caliente sanitaria (ACS), ya que esta es menos restrictiva que la del agua fría, el trazado prevé una derivación desde la salida del grupo de presión hacia la caldera, desde donde partirá la red de ACS. **Ambas redes (AFS y ACS) discurren de manera paralela por las zonas comunes**, alimentando a los distintos aparatos, salvo los inodoros que solo requieren agua fría.

En la **Ilustración 3.1** se muestra el trazado de la red de fontanería diseñado para el edificio. Se recomienda consultar el plano general de fontanería ubicado en **Anexo Planos**, donde se muestra el trazado completo de las tuberías principales y secundarias, así como la ubicación de los equipos de elevación y los recorridos de la red.



*Ilustración 3.1 Trazado de la red de fontanería.*

### 3.5. CÁLCULO DE CAUDALES

El cálculo de caudales se hará a partir del número de aparatos instalados en función de los valores indicados en **la tabla 2.1 del apartado 2.1.3. del DB HS4**. El número de aparatos previstos en cada una de las estancias se detalla a continuación:

- **Dos zonas de vestuarios.** Estas zonas cuentan con un inodoro y un lavabo.
- **Una cocina.** La estancia está compuesta por tres fregaderos industriales.
- **Una zona de lavado de la cocina.** Esta unidad se compone de un fregadero industrial, un lavavajillas y un vertedero.
- **Dos cuartos de limpieza,** conformados por un lavamanos. En este caso, el **DB HS 4 establece en la Tabla 2.1** un caudal instantáneo mínimo de 0,05 l/s para lavamanos. No obstante, el apartado 4.2.1 del DB HS 4 exige que la velocidad en las tuberías termoplásticas y multicapa se sitúe entre 0,50 y 3,50 m/s, y además las tablas 4.2 y 4.3 del mismo DB HS 4 establecen que el diámetro mínimo del distribuidor principal debe ser de 25 mm en tubería plástica. Nótese, que para ese caudal mínimo no se puede garantizar la condición mínima de velocidad, ya que para un caudal de 0,05 l/s y un diámetro de 25 mm, se obtendría una velocidad de 0,15 m/s. Es por ello que se ha asignado un caudal para el lavamanos de 0,2 l/s, cumpliendo así con los requerimientos de la norma.

- **Dos baños en la zona del comedor.** Cada uno cuenta con dos inodoros y dos lavabos.
- **Cuatro baños en las aulas norte.** Cada baño contiene un inodoro y un lavabo.
- **9 baños en aulas de infantil.** De estos nueve baños, seis se conforman por dos inodoros y un lavabo, y los tres restantes cuentan además con una bañera menor de 1,40 metros.

El número total de aparatos instalados es de 2 lavamanos, 28 inodoros con cisterna, 19 lavabos, 4 fregaderos industriales, 2 duchas, 3 bañeras menores de 1,40 metros, 1 lavavajillas industrial y 1 vertedero. Todas estas unidades suman un **total de caudal de instalación de 7,75 l/s**. A continuación, en la **Tabla 3.2**, se muestra, a modo resumen, una tabla que recoge toda esta información:

Aparato	Lava-manos	Inodoros	Lavabos	Fregadero industrial	Ducha	Bañera < 1,40	Lavavajillas	Vertedero	Q (l/s)
Vestuarios	2	1	1	0,3	0,2	0,2	0,25	0,2	0,8
Cocina	1			3					0,9
Lavado cocina	1			1			1	1	0,75
Limpieza	2	1							0,4
Baños comedor	2		2						0,8
Baños norte	4	1	1						0,8
Baños aulas	6	2	1						1,8
Baños aulas	3	2	1			1			1,5
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>7,75</b>

Tabla 3.2 Resumen de abastecimiento de caudales de los consumos

De acuerdo al apartado **3.1. Aspectos generales**, una vez obtenido el caudal total de la instalación, de 7,75 l/s, se van a aplicar por medio de dos métodos de cálculo la simultaneidad de estos caudales, descritos en el **Apartado 2.3.1. Cálculo de caudales**:

- **Norma UNE 149201:2017, Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.**

Se empleará este método enfocado para escuelas y polideportivos. Cabe destacar que se ha calculado para el tramo más desfavorable, tal y como se describe en el **Apartado 4.2.2 HS4 “Comprobación de la presión”**. A modo de ejemplo, el tramo TH1 suministra a todos los aparatos de la edificación (55). Al ser el caudal instalado ( $Q_{INST}$ ) menor a 20 l/s pero mayor a 1,5 l/s, se aplica la ecuación de la tercera columna de la **Tabla 3.3, Conjunto de fórmulas de la norma UNE 149201:2017**. Compruébese que con  $Q_{INST} = 7,75$  l/s se obtiene un  $Q_d = 4,238$  l/s.

- **Método racional simplificado con  $\alpha = 4$ . (enseñanza, cuarteles).**

Este método de cálculo se empleará con un coeficiente de simultaneidad igual a 4, tipología descrita en la norma para edificaciones de enseñanza, cuarteles, etc.

A modo de ejemplo, como se ha descrito en la Norma UNE 149201:2017, se puede comprobar que el tramo TH1 que suministra a todas las unidades de consumo de la instalación, para un  $Q_{INST} = 7,75$  l/s se obtiene un coeficiente de simultaneidad de 0,305 y un  $Q_d = 2,365$  l/s.

- El resto de métodos han sido descartados del estudio debido a su poca fiabilidad para este tipo de edificios, según lo mencionado en el **Apartado 1.2.1.2. Suministro de agua (DB HS4) – Instalación de fontanería.**

### 3.6. CÁLCULO DE DIÁMETROS.

De acuerdo con lo establecido en el Documento Básico HS 4 Suministro de agua del Código Técnico de la Edificación, **el dimensionado de las tuberías debe realizarse siempre tomando como referencia el tramo o circuito más desfavorable**, es decir, aquel que presenta las mayores pérdidas de carga (por rozamiento y altura geométrica) en su recorrido. De este modo, se garantiza que incluso en el punto de consumo más alejado o con mayor pérdida de presión se alcanzan las presiones mínimas exigidas por la normativa (100 kPa en grifos comunes y 150 kPa en fluxores y calentadores), sin superar en ningún caso los 500 kPa en los puntos de utilización.

Para el cálculo de diámetros de las tuberías de los tramos más desfavorables, **se ha empleado un criterio de velocidades para que no sobrepasen los 1,5 m/s**, con la finalidad de evitar ruidos y molestias a los usuarios del centro. Además, se ha tenido como premisa de diseño, en los tramos en los que se pueda obtener siempre y cuando se cumpla el criterio anterior, que **el orden de la pendiente hidráulica de diseño se encuentre entre 30 y 60 mm/m**, con la finalidad de evitar pérdidas de presión elevadas que puedan afectar al dimensionado óptimo de la instalación.

Debe tenerse en cuenta, para el dimensionado de la red de tuberías, las exigencias mínimas en cuanto al diámetro de las mismas indicadas en **las tablas 4.2 y 4.3 del apartado 4.3 del DB HS 4**. A modo de ejemplo, la alimentación a

cada cuarto húmedo se llevará a cabo con un diámetro mínimo de 20 mm (tubería plástica). Para cada aparato de consumo, hay que referirse a la tabla 4.2 del apartado 4.3 del DB HS 4. La mayoría de aparatos requieren de tubería de 12 mm salvo por el lavavajillas no doméstico y el fregadero no doméstico que deberán proyectarse con diámetro mínimo de 20 mm.

Los diámetros nominales de conducciones de multicapa, descritos en la **Tabla 3.5.**, se obtienen de la norma UNE-EN ISO 21003-1:2009, Sistemas de canalización multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de edificios.

Multicapa UNE-EN ISO 21003-1:2009			
DN (mm)	D <sub>EXT</sub> (mm)	D <sub>INT</sub> (mm)	Espesor (mm)
20	20	16,2	1,9
25	25	20,4	2,3
32	32	24,8	3,6
40	40	31	4,5
50	50	38,8	5,6
63	63	48,8	7,1
75	75	58,2	8,4
90	90	69,8	10,1
110	110	85,4	12,3
125	125	97	14
160	160	124,2	17,9
200	200	155,2	22,4
250	250	194,2	27,9
315	315	244,6	35,2
355	355	275,6	39,7

Tabla 3.3 Diámetros nominales de conducciones de multicapa. Sistemas de canalización multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de edificios, Norma UNE-EN ISO 21003-1:2009.

A modo de ejemplo, al igual que se ha descrito en el **apartado 3.5. Cálculo de Caudales**, en la acometida (TH1), para un caudal simultáneo de 4,238 l/s, si se elige un Diámetro Nominal de tubería de 90 mm, se obtiene una velocidad de 1,108 m/s y una pendiente hidráulica de 17 mm/m, cumpliendo estos criterios. En la **Tabla 3.6.** se muestran los cálculos obtenidos de este tramo:

Tramo	Q <sub>d</sub> (l/s)	Designación	D (mm)	v (m/s)	Re	e/D	λ	j (m/m)	h <sub>f</sub> (m)
TH1	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,035

Tabla 3.4. Ejemplo de Cálculo de Diámetro en el tramo de la acometida.

En el apartado **3.10. Resultados del dimensionado de la red de fontanería** se muestra la velocidad en cada tramo junto con la pendiente hidráulica con el diámetro elegido.

### 3.7. CÁLCULO DE PRESIONES

#### 3.7.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN DE LA INSTALACIÓN.

En este apartado se va a describir el cálculo de las pérdidas de presión tanto primarias como secundarias:

- **El cálculo de pérdidas primarias** viene definido por las ecuaciones de Darcy-Weisbach, mostrados en la **Ilustración 3.2.:**

$$\Delta p_f = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{v^2}{2} = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{8Q^2}{\pi^2 D^4} \qquad h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

*Ilustración 3.2 Ecuaciones de Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas primarias.*

Donde  $\lambda$  es el factor de fricción de Darcy. Este factor de fricción depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del tramo a evaluar. **El valor de la rugosidad absoluta de las tuberías multicapa empleadas es de 0,007 mm**, y dividiendo por el diámetro del tramo se obtiene la rugosidad relativa de la tubería.

- **Las pérdidas secundarias han sido calculadas** según el criterio marcado en **el apartado 4.2.2. del DB HS4, por medio del método de la longitud equivalente**. Dicho método consiste en incrementar la longitud real de cada tramo en un porcentaje comprendido entre el 20% y el 30%, de modo que las pérdidas secundarias se calcularían como una fracción de las primarias. **En este caso se ha adoptado un incremento del 30% de la longitud real de los tramos**, lo que equivale a considerar las pérdidas secundarias como un 30% de las pérdidas primarias.

En el apartado **3.10. Resultados del dimensionado de la red de fontanería** se muestra un resumen del cálculo de presiones del tramo más desfavorable. Esta tabla, además de la caída de presión total en cada tramo, incluye todos los parámetros necesarios para el cálculo de ésta como son el número de Reynolds, la rugosidad relativa y la pendiente hidráulica.

#### 3.7.2. TRAMO MÁS DESFAVORABLE DE LA INSTALACIÓN

La determinación del tramo más desfavorable en una red de fontanería exige analizar la pérdida de presión acumulada a lo largo del recorrido del agua. Esta pérdida se entiende como la suma de todas las pérdidas de carga que se

generan, tanto en el tramo considerado como en aquellos que lo preceden en el sentido de circulación. Ahora bien, este análisis debe realizarse únicamente sobre los recorridos que tienen una continuidad hidráulica real, es decir, aquellos por los que circula el caudal.

En el diseño de la instalación objeto de estudio, un ejemplo representativo se encuentra en el tramo TH17, donde la conducción se bifurca en dos ramales: uno destinado a abastecer a los aseos de la zona norte y otro que alimenta a los baños de las aulas de educación infantil (tramos TH18 y siguientes). En esta situación, no procede acumular pérdidas de ambos ramales de manera conjunta, ya que el agua no fluye por ellos en serie, sino de forma independiente en paralelo.

Por este motivo, **las pérdidas deben evaluarse de forma individualizada en cada ramal**, comprobando por separado la pérdida acumulada desde el depósito presurizado hasta los aseos de la zona norte y, de manera análoga, la pérdida acumulada desde dicho depósito hasta el último punto de consumo en las aulas. Con ello se garantiza que el dimensionado contemple la situación más desfavorable y, en consecuencia, que el sistema pueda suministrar caudal y presiones suficientes en todos los puntos de consumo previstos.

En el caso del edificio de estudio, al ser una distribución horizontal, **el tramo más desfavorable suele coincidir con aquel que transporta mayor caudal o cuya distancia desde la acometida es mayor**. Este tramo es el que transporta el caudal por todas las aulas, ya que las distancias son ligeramente mayores que el resto de ramificaciones y el caudal transportado es mayor.

Como resultado más relevante, **se tiene que la pérdida de carga total (acumulada) en el trazado que alimenta a las aulas es de 5,865 m para la norma UNE**. Este valor se ha obtenido de sumar las pérdidas desde TH5 (salida de depósito presurizado) hasta TH28 (bañera del aula infantil más cercana al noreste).

En el caso del trazado que alimenta los baños norte, con la norma UNE, la **pérdida de presión que se produce en este tramo de red es de 2,36 m**, de los cuales 1,732 m corresponden al tramo desde salida de la bomba hasta el punto donde bifurca la red, y el resto corresponde al ramal que alimenta a estos

baños. Se puede concluir entonces que **el tramo más desfavorable es el tramo que alimenta a las aulas.**

En el **Anexo Planos** se han incorporado los planos correspondientes al trazado de la red considerada como más desfavorable, mostrando de manera detallada los tramos, derivaciones y puntos de consumo asociados. Se ha optado por incluir únicamente esta red, dado que es la que condiciona el dimensionado final de la instalación, garantizando así la comprobación de presiones y caudales conforme a lo establecido en el DB-HS 4.

### 3.8. SELECCIÓN DE EQUIPOS

En este apartado se describirá la dimensión de los equipos empleados para la red de fontanería del edificio, contemplando contadores y sistemas de sobreelevación.

#### 3.8.1. CONTADOR

El contador debe seleccionarse de forma que el caudal permanente sea lo más parecido al caudal de diseño calculado.

**En el caso de la norma UNE 149201:2017**, el caudal de diseño para la acometida es de 4,238 l/s (15,25 m<sup>3</sup>/h). Para este valor de caudal, se selecciona un contador tipo chorro múltiple con DN 40 mm (Q<sub>3</sub> = 16 m<sup>3</sup>/h = 4,44 l/s) cuyas especificaciones se muestran en la Figura 4. Tal y como se puede observar, el caudal permanente es parecido al de diseño (superior) y el caudal de arranque es de 40 l/h (0,011 l/s), valor razonable para las condiciones de trabajo diseñadas (arrancará con cualquier consumo). Las pérdidas de carga para este contador son de 0,63 bar (6,435 m) para caudal permanente. Con estos valores, se puede determinar la constante de pérdidas del contador de la siguiente forma:

$$h_m = C * Q^2$$

$$C = h_m / Q^2 = 6,435 / 4,44^2 = 0,3257 \text{ m} / (\text{l/s})^2$$

Las pérdidas reales en el contador se obtendrán multiplicando esta constante por el caudal real de trabajo de la acometida (4,238 l/s) **resultando en unas pérdidas de 5,850 m**. Se puede comprobar que, si las pérdidas se evalúan para el caudal máximo (Q<sub>4</sub> = 20 m<sup>3</sup>/h = 5,55 l/s) las pérdidas serían de

aproximadamente 10 m (1 bar), tal y como se establece normativamente. En la **Ilustración 3.3.** se muestran las características de los contadores diseñados.

**Características Metroológicas Directiva 2014/327UE e ISO 4064:2014**

Diámetro Nominal	DN	mm	25	30	40	50
Caudal Permanente	$Q_n$	m <sup>3</sup> /h	6,3	10	16	25
Ratio R (estándar)	$Q_3/Q_1$		R (Q <sub>3</sub> /Q <sub>1</sub> ) ≤ 200			
Caudal de Sobrecarga	$Q_s$	m <sup>3</sup> /h	7,9	12,5	20,0	31,0
Caudal Transición (precisión ±2%)	$Q_t$	l/h	50,4	80	128	200
Caudal Mínimo (precisión ± 5%)	$Q_m$	l/h	31,5	50	80	125
Caudal de Arranque		l/h	16-18	22-24	28-30	28-30
Presión nominal		bar	16			
Pérdida de carga a $Q_n$		bar	ΔP63			
Temperatura			T30 y T50			
Perturbación del caudal			U0/D0 <small>(sin tramos rectos antes y después del contador)</small>			
Indicaciones de cuadrante						
Indicación máxima			99.999	999.999		
Indicación mínima			0,05	0,05		
Certificado de Examen Modelo CE			TCM 142/08-4604			

*Ilustración 3.3 Características técnicas de los contadores diseñados.*

### 3.8.2. SISTEMAS DE SOBREELEVACIÓN

El sistema de sobreelevación seleccionado será de tipo convencional, contando un depósito auxiliar de alimentación, un equipo de bombeo y depósito de presión.

#### 3.8.2.1. DEPÓSITO AUXILIAR

El depósito auxiliar de alimentación evita la toma de agua directa por el equipo de bombeo. De acuerdo **al apartado 4.5.2.1 del DB HS4**, el volumen del depósito se calculará en función del tiempo previsto de utilización, aplicando la siguiente expresión:

$$V = 60 * Q * t$$

Donde V el volumen del depósito en litros, Q el caudal máximo simultáneo en l/s y t es el tiempo estimado en minutos (de 15 a 20). Tomando como referencia un tiempo de 15 minutos y Q = 4,238 l/s, se requiere de un volumen total de depósito (o depósitos) de 3814,2 L. **Se ha optado por un único depósito de 4200 L.**

#### 3.8.2.2. DEPÓSITO DE PRESIÓN

El depósito de presión es un elemento fundamental dentro de la instalación de fontanería, ya que actúa como regulador del sistema. Su función principal es mantener una presión estable en la red, garantizando que el suministro de agua llegue a los diferentes puntos de consumo de manera uniforme, incluso cuando la demanda es variable.

Este depósito trabaja asociado a las bombas de impulsión. Cuando la presión del agua desciende por debajo de un valor previamente fijado, denominado

**presión de arranque**, las bombas se ponen en marcha para restablecer el nivel de presión deseado. Una vez que la presión alcanza el límite superior establecido, **la presión de parada**, las bombas se detienen. Gracias a este mecanismo, el aporte de presión no depende de manera directa y continua del funcionamiento de las bombas, sino que es el propio depósito el que acumula agua a presión y la libera de forma progresiva según las necesidades de la instalación. Estos valores están calculados en el apartado **3.8.2.3. Bombas**, donde se describe detalladamente cómo han sido obtenidos.

De este modo, el depósito de presión no solo evita que las bombas trabajen en funcionamiento constante, sino que también reduce significativamente el número de arranques y paradas. Esto se traduce en un menor consumo energético, un funcionamiento más eficiente y una mayor vida útil de los equipos de bombeo. Además, al amortiguar las variaciones bruscas de presión, contribuye a proteger la instalación frente a golpes de ariete y otros fenómenos indeseados asociados a cambios súbitos en el caudal de agua.

En el **apartado 4.5.2.3 del DB HS 4** se proporciona una expresión para el cálculo del volumen del depósito de presión. El uso de dicha expresión, basada en la ley de los gases ideales, es confuso ya que trabaja con magnitudes como el volumen útil del depósito de membrana que no son directamente aplicables a la selección del depósito, o el volumen mínimo de agua, sin conocimiento de a qué volumen se refiere. En su lugar, se recomienda emplear el método descrito en la **Norma UNE 100155:2004**:

$$V = k * \frac{60 * Q_b * (p_p + 10,33)}{4 * \Delta p * N_c * N_b}$$

Aquí, V es el volumen total vaso de expansión en litros, k un coeficiente de seguridad (1,25 membrana, >2 resto),  $Q_b$  el caudal de la bomba en l/min,  $p_p$  la presión manométrica de parada en m,  $\Delta p$  diferencia entre las presiones de parada y arranque en m,  $N_c$  el número máximo de arranques por hora permitidos (se han establecido 20 arranques) y  $N_b$  el número de bombas instaladas, sin contar la de reserva.

En la **Tabla 3.7.** se obtienen el volumen del depósito presurizado:

Norma UNE 149201:2017					
$k = 1,25$	$Q_b = 60 \times 4,238 = 254,28 \text{ l/min}$	$p_p = 35,865 \text{ m}$	$\Delta p = 20 \text{ m}$	$N_c = 20$	$N_b = 2$
<b><math>V = 282,20 \text{ L}</math></b>					

Tabla 3.5 Cálculo por medio de la norma UNE 100155:2004 del Volumen del depósito presurizado para los dos métodos de cálculo.

### 3.8.2.3. BOMBAS

De acuerdo al **apartado 4.5.2.2 del DB HS 4**, se dispondrá de dos bombas (sin contar la de reserva) conectadas en paralelo y con funcionamiento alterno ya que el caudal de diseño es inferior a 10 l/s. Las bombas se ubican en el cuarto técnico donde se emplazan los depósitos, tal y como se ha indicado en el **apartado 3.2. Prediseño de la red de fontanería**. En este mismo apartado, se indica que el cálculo de las bombas se hará en función del caudal y de las presiones de arranque y parada de la/s bomba/s (mínima y máxima respectivamente).

#### Presión mínima o de arranque.

Es aquella presión indispensable para garantizar el suministro de agua en el punto de consumo más desfavorable de toda la instalación. Dicho punto es aquel en el que las pérdidas de carga acumuladas son mayores, por lo que se convierte en la referencia crítica para el correcto funcionamiento del sistema. En términos prácticos, significa que, incluso en las condiciones más exigentes, el agua debe llegar con una presión suficiente (mínimo 100 o 150 kPa, según se trate de un grifo convencional, un fluxor o un calentador para asegurar un servicio adecuado).

Según el **punto 4 del apartado 4.5.2.2 del DB HS 4**, la presión mínima o de arranque será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración, la altura geométrica, la pérdida de carga del circuito y la presión residual en el grifo, llave o fluxor. Esta redacción puede resultar confusa y, en ocasiones, inducir a error según sea el tipo de instalación de fontanería. Es por ello que se recomienda siempre apoyarse en la ecuación de conservación de la energía mecánica, que es la ley física que hay detrás de la definición anterior. En este sentido, si se aplica un balance entre la salida del calderín y el punto más desfavorable, se tiene:

$$\frac{p_{cald}}{\rho g} + \frac{v_{cald}^2}{2g} + z_{cald} - h_{T\ cald-sum} = \frac{p_{sum}}{\rho g} + \frac{v_{sum}^2}{2g} + z_{sum}$$

Aquí, los subíndices “cald” y “sum” hacen referencia al calderín y al suministro respectivamente. Despreciando los términos cinéticos por ser mucho más pequeños que los de presión (criterio tomado para el diseño de la instalación) y cancelando la diferencia de cotas (distribución horizontal, la diferencia de cotas entre la salida del calderín y el último punto de suministro es mínima) la ecuación anterior quedaría:

$$\frac{p_{cald}}{\rho g} = \frac{p_{sum}}{\rho g} + h_{T\ cald-sum}$$

Esta expresión nos indica que la presión a la salida del calderín debe ser la suma de la presión residual en el punto de suministro más alejado del tramo más las pérdidas de carga totales del mismo. **La pérdida de carga acumulada** desde la salida del calderín al punto de suministro más alejado es, **según la norma UNE, de 5,865 m**. Sumando la pérdida de carga acumulada y la presión mínima de abastecimiento del último aparato del tramo más desfavorable (10 m según normativa) obtendríamos **la presión mínima de arranque de las bombas, siendo esta de 15,865 m**.

### **Presión de parada.**

La presión de parada en un grupo de bombeo es el valor de presión en la instalación a partir del cual la bomba deja de funcionar automáticamente, al haberse alcanzado la presión máxima establecida en el sistema. Según indica el **apartado 4.5.2.3. del DB HS 4**, el depósito de presión posterior a la bomba se debe calcular con una presión de 20 a 30 m con respecto a la de arranque. Siguiendo estas indicaciones, la presión de parada coincidirá con el valor de la presión que debe haber en el calderín. En el edificio objeto del proyecto, se ha tenido en cuenta **una presión adicional de 20 m**.

Las bombas arrancan cuando la presión en el calderín es de 15,865 m y paran cuando **la presión en el mismo es de 35,865 m**, según el salto de presiones de diseño.

Ya, conociendo estos valores, se selecciona la bomba de forma que el caudal de trabajo coincida con el caudal de diseño de la acometida y suministre la presión de arranque. En la **Tabla 3.8.** se muestra la bomba a emplear:

Norma UNE 149201:2017	
Q=4,238 l/s	Hm=15,865m

Tabla 3.6 Bombas a emplear por medio de la norma UNE 149201:2017

### 3.9. SOBREPRESIONES

Tal y como se ha indicado en **el apartado 3.2. Prediseño de la red de fontanería**, al ser la presión de suministro de 52 m y tratarse de una distribución horizontal, se puede asegurar que la instalación se podría alimentar directamente con presión de red prácticamente sin hacer cálculos. La justificación es sencilla. Basta con determinar la diferencia entre la presión de entrada y la presión residual (unos 40,8 m en el caso de norma UNE y 39,8 m con el método racional simplificado, 4 bar aproximadamente) y dividirla entre la distancia desde la acometida hasta el punto más desfavorable (aproximadamente 108 m en este caso). El resultado es una pendiente hidráulica de 0,37 m/m, que es prácticamente 10 veces superior al valor recomendado.

No obstante, si se quiere evaluar cuantitativamente se puede determinar la presión en el punto más desfavorable como la diferencia entre los 52 m de entrada y todas las pérdidas de carga que hay hasta el punto más desfavorable. En este cálculo, debe tenerse en cuenta la pérdida de carga en acometida y contador. En apartados anteriores no se han tenido en cuenta estas pérdidas porque si se diseña la instalación con sistema de sobreelevación, el agua pierde toda la presión que tiene en el depósito auxiliar, el cual se encuentra abierto a la atmósfera. Por tanto, la presión de entrada simplemente se aprovecha para vencer las pérdidas de la acometida y el contador, hasta el depósito auxiliar. Pero en el caso de un suministro directo, existiría continuidad entre la entrada y el suministro. Las pérdidas totales según los cálculos realizados para la norma UNE en TH1-TH28 es de 11,93 m, por lo que la presión en el lavabo del aula más alejada sería de  $52 - 11,93 \text{ m} = 40,070 \text{ m}$ .

Tampoco es necesario comprobar la protección contra sobrepresiones. Siendo la pérdida en el contador de 5,68 m, en la entrada de la instalación se dispondría

de  $52 - 5,86 = 46,14$  m, por lo que ningún punto excedería los 50 m de presión. Para el método racional simplificado, las pérdidas de presión de TH1-TH28 es de 12,384 m, y las sobrepresiones estarían garantizadas por el mismo motivo que la norma UNE, ya que  $52 - 4,66$  m = 47,34 m.

La recomendación para este ejemplo sería optar por un by-pass y una válvula de 3 vías accionada por presión, de forma que la instalación funcionase con presión de red siempre que fuese posible y con el grupo de presión cuando la presión de red sea insuficiente.

### **3.10. RESULTADOS DEL DIMENSIONADO DE LA RED DE FONTANERÍA.**

A continuación, se describen las tablas utilizadas para el cálculo de los tramos de la red de fontanería de la escuela infantil objeto del proyecto:

- Cálculo de caudal simultáneo. Se muestra el tramo de red, longitud del mismo, consumos a los que abastece y el cálculo del caudal simultáneo por medio de los distintos métodos.
- Diámetro. Se describe el diámetro comercial elegido para el tramo en cuestión junto con su diámetro interior.
- Cálculo de pérdidas de presión. Contiene la información de las pérdidas primarias, secundarias, totales, y las presiones de entrada y salida de cada tramo. Además, también contiene la información necesaria para la obtención de las pérdidas ( $N^{\circ}$  Reynolds, velocidades, rugosidad relativa, ...)

### 3.10.1. NORMA UNE 149201:2017

Antes de mostrar los cálculos, se realizará una comparativa de resultados calculados manualmente y los obtenidos por el módulo CYPEPLUMBING Water Systems, con el fin de verificar los datos obtenidos:

- **Cálculos manuales:**

A continuación, en la **Tabla 3.9.**, se muestran los cálculos realizados manualmente en la red de fontanería con la norma UNE 149201:2017:

Cálculo de caudal simultáneo					Diámetro.		Cálculo de pérdidas de presión												
TRAMO	L (m)	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	Q <sub>d</sub> (l/s)	Designación	D (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	j (m/m)	h <sub>f</sub> (m)	Z1	Z2	k	C (m/(l/s) <sup>2</sup> )	h <sub>m</sub> (m)	h <sub>T</sub> (m)	
TH1	2,045	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,035	0,000	0,550			0,011	0,046	
Contador		0	0	4,238	40	40	4,444						0,550	0,550		0,3264244	5,864	5,864	
TH2	1,651	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,029	0,550	0,000			0,006	0,034	
TH3	5,05	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,088	0,000	2,840			0,018	0,105	
TH4	0,777	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,013	2,840	0,000			0,003	0,016	
TH5	1,117	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,019					0,004	0,023	
TH6	2,762	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,048	0,000	2,700			0,010	0,058	
TH7	0,074	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,001	2,700	2,700			0,000	0,002	
TH8	5,564	7,75	60	4,238	90	69,8	1,108	77311,66	0,00010	0,019	0,017	0,097	2,700	2,700			0,019	0,116	
TH9	0,213	7,35	57	4,130	90	69,8	1,079	75329,70	0,00010	0,019	0,017	0,004	2,700	2,700			0,001	0,004	
TH10	2,882	6,95	54	4,017	90	69,8	1,050	73267,37	0,00010	0,020	0,016	0,045	2,700	2,700			0,009	0,054	
TH11	0,51	6,75	53	3,958	75	58,2	1,488	86594,64	0,00012	0,019	0,037	0,019	2,700	2,700			0,004	0,023	
TH12	6,942	5,85	50	3,679	75	58,2	1,383	80485,29	0,00012	0,019	0,032	0,225	2,700	2,700			0,045	0,270	
TH13	6,662	5,1	47	3,421	75	58,2	1,286	74845,35	0,00012	0,020	0,028	0,189	2,700	2,700			0,038	0,227	
TH14	5,872	4,1	38	3,030	75	58,2	1,139	66293,20	0,00012	0,020	0,023	0,134	2,700	2,700			0,027	0,161	
TH15	6,312	3,8	35	2,899	75	58,2	1,090	63432,05	0,00012	0,020	0,021	0,133	2,700	2,700			0,027	0,159	
TH16	6,31	3,5	32	2,761	63	48,8	1,476	72035,51	0,00014	0,020	0,045	0,285	2,700	2,700			0,057	0,342	
TH17	5,988	3,2	29	2,613	63	48,8	1,397	68186,68	0,00014	0,020	0,041	0,245	2,700	2,700			0,049	0,294	
TH18	5,33	2,4	21	2,163	63	48,8	1,157	56441,70	0,00014	0,021	0,029	0,155	2,700	2,700			0,031	0,186	
TH19	6,314	2,1	18	1,966	63	48,8	1,051	51292,47	0,00014	0,021	0,024	0,155	2,700	2,700			0,031	0,186	
TH20	6,252	1,8	15	1,747	50	38,8	1,477	57320,46	0,00018	0,021	0,060	0,375	2,700	2,700			0,075	0,450	
TH21	8,649	1,5	12	1,500	50	38,8	1,269	49223,18	0,00018	0,022	0,046	0,394	2,700	2,700			0,079	0,473	
TH22	6,312	1	8	1,000	40	31	1,325	41072,24	0,00023	0,023	0,065	0,410	2,700	2,700			0,082	0,492	
TH23	7,114	0,5	4	0,5	32	24,8	1,035	25670,15	0,00028	0,025	0,055	0,392	2,700	2,700			0,078	0,471	
<b>Local húmedo (llave)</b>																	1,000	1,000	
TH24	0,365	0,5	4	0,5	32	24,8	1,035	25670,15	0,00028	0,025	0,055	0,020					0,004	0,024	
TH25	0,688	0,4	3	0,4	25	20,4	1,224	24965,48	0,00034	0,025	0,095	0,065					0,013	0,078	

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Cálculo de caudal simultáneo					Diámetro.		Cálculo de pérdidas de presión											
TH26	1,434	0,3	2	0,3	20	16,2	1,455	23578,51	0,00043	0,026	0,173	0,248					0,050	0,297
TH28	4,721	0,2	1	0,2	20	16,2	0,970	15719,01	0,00043	0,028	0,084	0,397	2,700	0,550			0,079	0,476

Tabla 3.7 Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con la Norma UNE 149201:2017.

- **Cálculos mediante software:**

Tal y como se ha descrito en el **Capítulo 2. Metodología**, se ha empleado el software de cálculo **CYPEPLUMBING Water Systems**, con la finalidad de poder realizar automáticamente todos los cálculos descritos anteriormente. A continuación, en la **Tabla 3.10.**, se muestran los resultados obtenidos mediante el software:

Acometida																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH1	2.045	2.454	7.75	0.55	4.24	0.55	69.8	Ø90	1.11	0.017	52	51.41	-1.68	20	20	-	-
Tubo de alimentación																	
TH2	1.651	1.981	7.75	0.55	4.24	-0.55	69.8	Ø90	1.11	0.017	45.55	46.06	-1.68	20	20	-	-
TH3	5.05	6.06	7.75	0.55	4.24	2.84	69.8	Ø90	1.11	0.017	46.06	43.12	-1.68	20	20	-	-
TH4	0.777	0.932	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	2.84	2.82	-1.67	20	20	-	-
TH5	1.117	1.34	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	17.63	17.6	-1.67	20	20	-	-
TH6	2.762	3.314	7.75	0.55	4.24	2.7	69.8	Ø90	1.11	0.017	17.6	14.84	-1.67	20	20	-	-
TH7	0.074	0.088	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	14.84	14.84	-1.67	20	20	-	-
TH8	5.564	6.677	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	14.84	14.73	-1.67	20	20	-	-
TH9	0.213	0.256	7.35	0.56	4.13	0	69.8	Ø90	1.08	0.017	14.73	14.72	-1.67	20	20	-	-
TH10	2.882	3.458	6.95	0.58	4.02	0	69.8	Ø90	1.05	0.016	14.72	14.67	-1.67	20	20	-	-
TH11	0.51	0.612	6.75	0.59	3.96	0	58.2	Ø75	1.49	0.037	14.67	14.64	-1.49	20	20	-	-
TH12	6.942	8.33	5.85	0.63	3.68	0	58.2	Ø75	1.38	0.033	14.64	14.37	-1.49	20	20	-	-
TH13	6.662	7.994	5.1	0.67	3.42	0	58.2	Ø75	1.29	0.029	14.37	14.15	-1.49	20	20	-	-
TH14	5.872	7.046	4.1	0.74	3.03	0	58.2	Ø75	1.14	0.023	14.15	13.98	-1.49	20	20	-	-
TH15	6.312	7.574	3.8	0.76	2.9	0	58.2	Ø75	1.09	0.021	13.98	13.82	-1.49	20	20	-	-
TH16	6.31	7.572	3.5	0.79	2.76	0	48.8	Ø63	1.48	0.045	13.82	13.48	-1.32	20	20	-	-
TH17	5.988	7.185	3.2	0.82	2.61	0	48.8	Ø63	1.4	0.041	13.48	13.19	-1.32	20	20	-	-
TH18	5.33	6.395	2.4	0.90	2.16	0	48.8	Ø63	1.16	0.029	13.19	13	-1.32	20	20	-	-
TH19	6.314	7.577	2.1	0.94	1.97	0	48.8	Ø63	1.05	0.025	13	12.81	-1.32	20	20	-	-
TH20	6.252	7.502	1.8	0.97	1.75	0	38.8	Ø50	1.48	0.06	12.81	12.36	-1.12	20	20	-	-
TH21	8.649	10.378	1.5	1.00	1.5	0	38.8	Ø50	1.27	0.046	12.36	11.89	-1.12	20	20	-	-
TH22	6.312	7.574	1	1.00	1	0	31	Ø40	1.32	0.065	11.89	11.39	-0.94	20	20	-	-

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

TH23	7.114	8.536	0.5	1.00	0.5	0	24.8	Ø32	1.04	0.055	11.39	10.92	-0.78	20	20	-	-
<b>Local Húmedo</b>																	
24	0.365	0.475	0.5	1.00	0.5	0	24.8	Ø32	1.04	0.055	9.92	9.9	-0.78	20	20	-	-
25	0.688	0.894	0.4	1.00	0.4	0	20.4	Ø25	1.22	0.095	9.9	9.81	-0.66	20	20	-	-
26	1.434	1.865	0.3	1.00	0.3	0	16.2	Ø20	1.46	0.173	9.81	9.49	-0.54	20	20	-	-
<b>Derivación de aparato</b>																	
28	4.721	5.666	0.2	1.00	0.2	-2.15	16.2	Ø20	0.97	0.084	9.49	11.16	-0.54	20	20	-	-

*Tabla 3.8 Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con la Norma UNE 149201:2017.*

Para realizar la comparativa, en la **Tabla 3.11.**, se mostrarán los valores de velocidad y pendiente hidráulica de cada tramo, junto con las diferencias entre ambos métodos:

	v(m/s)	J(mca/m)	v(m/s)	J(mca/m)	Diferencias v	Diferencias j		v(m/s)	J(mca/m)	v(m/s)	J(mca/m)	Diferencias v	Diferencias j
TH1	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH12	1,38	0,033	1,38	0,032	0,00	0,00
TH2	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH13	1,29	0,029	1,29	0,028	0,00	0,00
TH3	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH14	1,14	0,023	1,14	0,023	0,00	0,00
TH4	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH15	1,09	0,021	1,09	0,021	0,00	0,00
TH5	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH16	1,48	0,045	1,48	0,045	0,00	0,00
TH6	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH17	1,4	0,041	1,40	0,041	0,00	0,00
TH7	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH18	1,16	0,029	1,16	0,029	0,00	0,00
TH8	1,11	0,017	1,11	0,017	0,00	0,00	TH19	1,05	0,025	1,05	0,024	0,00	0,00
TH9	1,08	0,017	1,08	0,017	0,00	0,00	TH20	1,48	0,06	1,48	0,06	0,00	0,00
TH10	1,05	0,016	1,05	0,016	0,00	0,00	TH21	1,27	0,046	1,27	0,046	0,00	0,00
TH11	1,49	0,037	1,49	0,037	0,00	0,00	TH22	1,32	0,065	1,33	0,065	0,00	0,00
							TH23	1,04	0,055	1,04	0,055	0,00	0,00

*Tabla 3.9. Comparativa de resultados manuales e informáticos*

Como podemos observar, los cálculos obtenidos por el software son idénticos a los manuales, por lo que se garantiza la fiabilidad del programa a la hora de realizar cálculos. En el **Anexo Resultados** se puede obtener detalladamente todos los resultados obtenidos.

### 3.10.2. MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO

Una vez dando validez a los cálculos obtenidos por el software, se muestra en la **Tabla 3.12.**, los resultados obtenidos mediante el método racional simplificado:

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

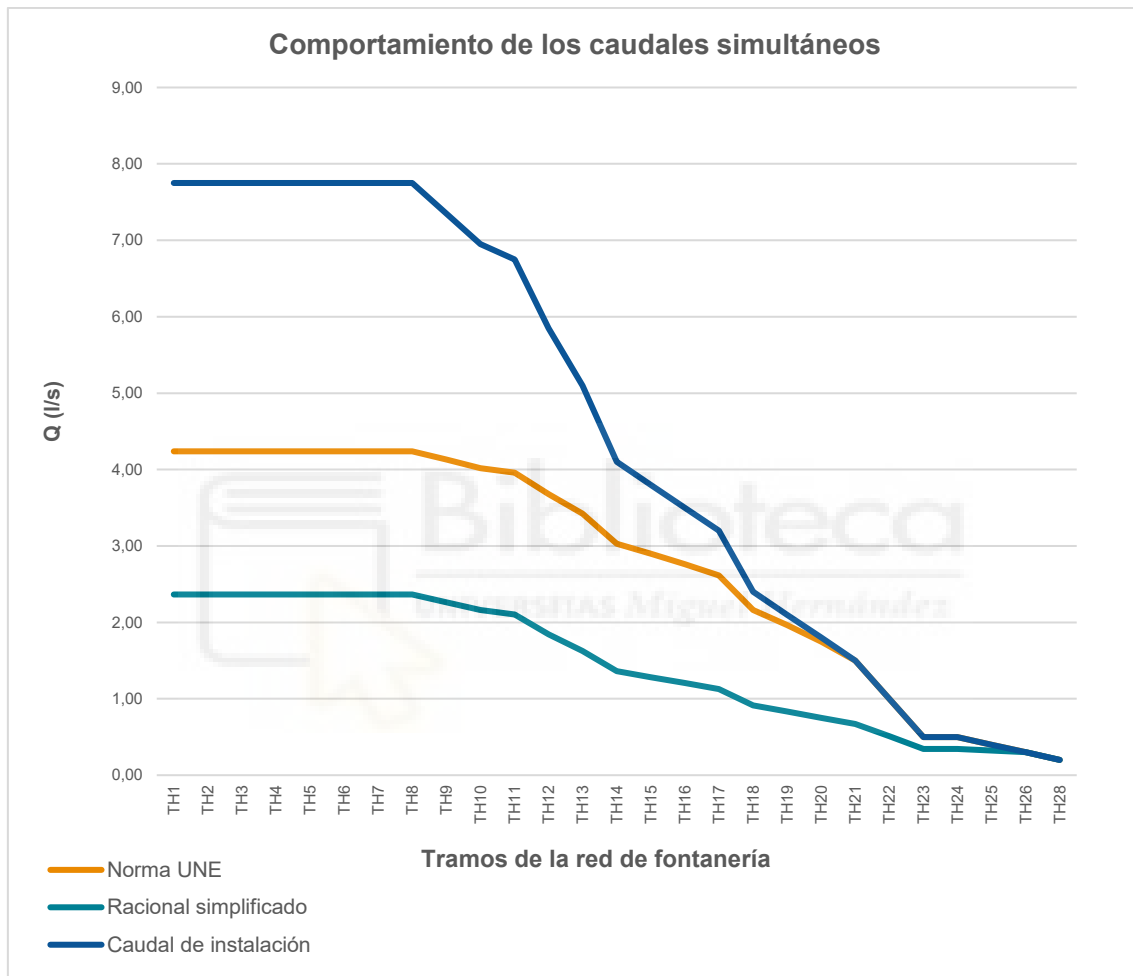


Acometida																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH1	2.045	2.659	7.75	0.31	2.37	0.55	48.8	Ø63	1.26	0.034	52	51.36	-1.33	20	20	-	-
Tubo de alimentación																	
TH2	1.651	2.146	7.75	0.31	2.37	-0.55	48.8	Ø63	1.26	0.034	46.7	47.18	-1.33	20	20	-	-
TH3	5.05	6.565	7.75	0.31	2.37	2.84	48.8	Ø63	1.26	0.034	47.18	44.11	-1.33	20	20	-	-
TH4	0.777	1.01	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	2.84	2.81	-1.33	20	20	-	-
TH5	1.117	1.452	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	20.85	20.8	-1.33	20	20	-	-
TH6	2.762	3.59	7.75	0.31	2.37	2.7	48.8	Ø63	1.26	0.034	20.8	17.98	-1.33	20	20	-	-
TH7	0.074	0.096	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	17.98	17.98	-1.33	20	20	-	-
TH8	5.564	7.234	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	17.98	17.73	-1.33	20	20	-	-
TH9	0.213	0.278	7.35	0.31	2.26	0	48.8	Ø63	1.21	0.032	17.73	17.72	-1.32	20	20	-	-
TH10	2.882	3.746	6.95	0.31	2.16	0	48.8	Ø63	1.15	0.029	17.72	17.61	-1.32	20	20	-	-
TH11	0.51	0.663	6.75	0.31	2.1	0	48.8	Ø63	1.13	0.028	17.61	17.59	-1.32	20	20	-	-
TH12	6.942	9.024	5.85	0.32	1.84	0	48.8	Ø63	0.99	0.022	17.59	17.4	-1.32	20	20	-	-
TH13	6.662	8.66	5.1	0.32	1.63	0	38.8	Ø50	1.37	0.053	17.4	16.94	-1.12	20	20	-	-
TH14	5.872	7.634	4.1	0.33	1.36	0	38.8	Ø50	1.15	0.038	16.94	16.64	-1.12	20	20	-	-
TH15	6.312	8.205	3.8	0.34	1.28	0	38.8	Ø50	1.09	0.035	16.64	16.36	-1.12	20	20	-	-
TH16	6.31	8.203	3.5	0.34	1.21	0	38.8	Ø50	1.02	0.031	16.36	16.11	-1.12	20	20	-	-
TH17	5.988	7.784	3.2	0.35	1.13	0	31	Ø40	1.49	0.081	16.11	15.48	-0.94	20	20	-	-
TH18	5.33	6.928	2.4	0.38	0.91	0	31	Ø40	1.21	0.055	15.48	15.1	-0.94	20	20	-	-
TH19	6.314	8.208	2.1	0.40	0.83	0	31	Ø40	1.1	0.047	15.1	14.71	-0.94	20	20	-	-
TH20	6.252	8.127	1.8	0.42	0.75	0	31	Ø40	0.99	0.039	14.71	14.39	-0.93	20	20	-	-
TH21	8.649	11.243	1.5	0.45	0.67	0	24.8	Ø32	1.39	0.093	14.39	13.35	-0.78	20	20	-	-
TH22	6.312	8.205	1	0.51	0.51	0	24.8	Ø32	1.06	0.058	13.35	12.88	-0.78	20	20	-	-
TH23	7.114	9.248	0.5	0.69	0.34	0	20.4	Ø25	1.05	0.072	12.88	12.21	-0.65	20	20	-	-
Local Húmedo																	
24	0.365	0.475	0.5	0.69	0.34	0	20.4	Ø25	1.05	0.072	11.21	11.17	-0.65	20	20	-	-
25	0.688	0.894	0.4	0.80	0.32	0	20.4	Ø25	0.98	0.064	11.17	11.12	-0.65	20	20	-	-
26	1.434	1.865	0.3	1.00	0.3	0	16.2	Ø20	1.46	0.173	11.12	10.79	-0.53	20	20	-	-
28	4.721	6.138	0.2	1.00	0.2	-2.15	16.2	Ø20	0.97	0.084	10.79	12.43	-0.53	20	20	-	-

Tabla 3.10. Cálculo de los tramos de la red de fontanería más desfavorable con el método racional simplificado.

### 3.11. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDAL SIMULTÁNEO PARA LA RED DE FONTANERÍA.

Antes de comenzar, se analizará el comportamiento de ambos métodos en base a los caudales de diseño obtenidos. Para ello, en la **Gráfica 3.1**. Se muestran los caudales obtenidos por medio de los distintos métodos frente al caudal real:



Gráfica 3.1. Comportamiento de los caudales simultáneos obtenidos por medio de los distintos métodos.

El análisis del comportamiento de los métodos de cálculo aplicados en fontanería se ha llevado a cabo comparando la relación entre el caudal real instalado (Q) y el caudal simultáneo de diseño ( $Q_d$ ) obtenido mediante dos enfoques: la Norma UNE 149201:2017 y el método racional simplificado (coeficiente  $\alpha = 4$ ).

Al representar ambos métodos sobre un mismo eje, se observa que a medida que el caudal real disminuye (de izquierda a derecha en el gráfico), el caudal

simultáneo de diseño también decrece, pero lo hace con comportamientos distintos según el método aplicado.

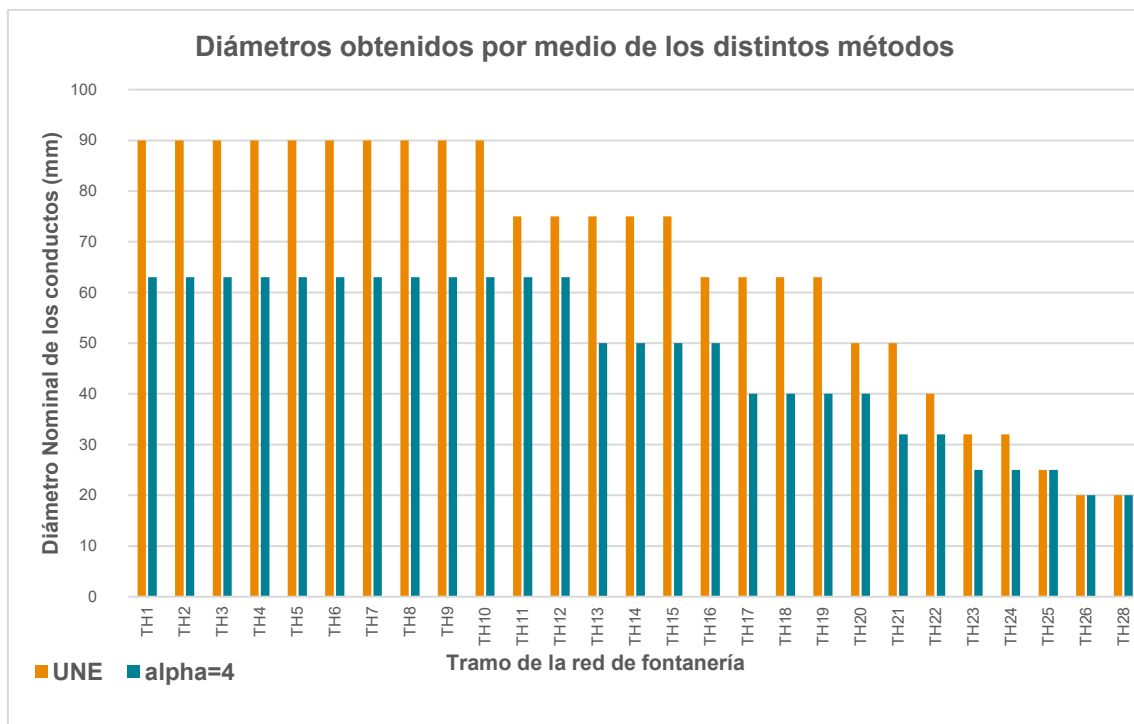
**Para caudales elevados, las diferencias entre métodos son ya apreciables, llegando a superar los 2 l/s para un caudal real de 7,75 l/s.** Sin embargo, a medida que se reduce el caudal instalado, la Norma UNE presenta una caída mucho más pronunciada del caudal de diseño. Esto se debe al carácter estadístico de la norma, que introduce factores de simultaneidad muy restrictivos a medida que disminuye la escala de la instalación.

**El método racional**, por su parte, **mantiene una proporcionalidad más estable y progresiva entre  $Q$  y  $Q_d$ , evitando caudales de diseño excesivamente bajos.** Este comportamiento lo convierte en una opción más segura ante posibles picos de consumo o situaciones de uso parcialmente simultáneo, especialmente relevantes en edificios docentes como el analizado.

La elección del método afecta directamente al dimensionado de las tuberías, al cálculo de la presión residual en terminales y a la selección de grupos de presión o elementos de control. Una infraestimación del caudal simultáneo puede comprometer el servicio en condiciones de máxima demanda, mientras que una sobrestimación puede conducir a sobredimensionamientos innecesarios.

### **3.11.1. COMPARATIVA DE LOS CONDUCTOS OBTENIDOS.**

A continuación, en la **Gráfica 3.2.**, se muestran los diámetros nominales obtenidos tras aplicar los dos métodos de cálculo:

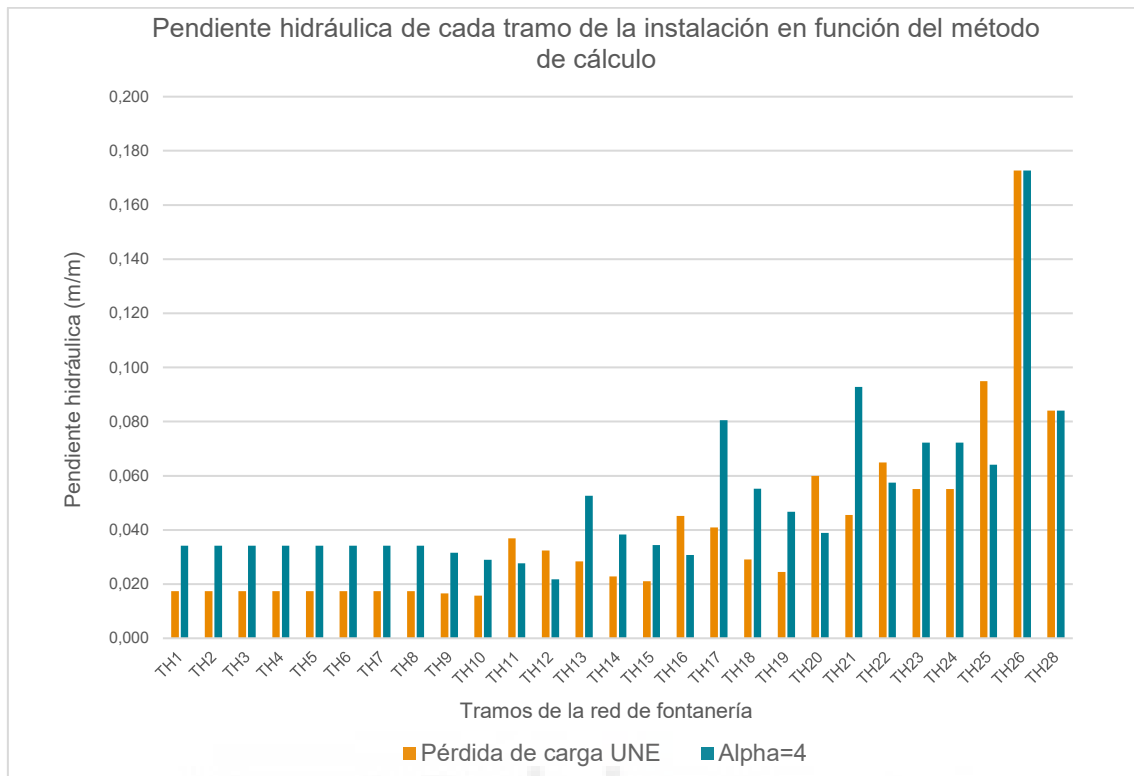


Gráfica 3.2. Diámetros obtenidos por medio de los distintos métodos de cálculo.

En la mayoría de los tramos, **los diámetros calculados mediante la Norma UNE son superiores a los obtenidos con el método racional simplificado**. Esta diferencia es especialmente notable en los primeros tramos (cabeceras de red), mientras que hacia el final de la instalación los diámetros tienden a coincidir. Este comportamiento guarda estrecha relación con la distribución de caudales analizada previamente. Dado que el **caudal es la magnitud base para el dimensionado hidráulico**, la similitud entre las curvas de caudales obtenidas por cada método se refleja directamente en los diámetros asignados a cada tramo. Por tanto, las diferencias de diámetro son una consecuencia directa de la magnitud del caudal de diseño considerado en cada tramo por cada método.

### 3.11.2. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA.

En la **Gráfica 3.3.** se muestra el valor de la pendiente hidráulica obtenido tras aplicar ambos métodos:



Gráfica 3.3. Pendiente hidráulica obtenida en función del método de cálculo.

La comparación de pendientes hidráulicas obtenidas en cada tramo para los métodos de cálculo utilizados permite observar un patrón coherente con los caudales y diámetros previamente analizados. En general, **el método racional simplificado ( $\alpha=4$ ) produce pendientes mayores en un mayor número de tramos**, especialmente en aquellos intermedios de la red. Esto se debe a que, al trabajar con caudales inferiores y diámetros también más reducidos, las pérdidas de carga por metro se incrementan según la fórmula de Darcy-Weisbach.

Por el contrario, la Norma UNE, al sobredimensionar los caudales en cabeceras y asignar diámetros más generosos en esos tramos, mantiene pendientes hidráulicas más moderadas en la mayor parte de la instalación, salvo en los últimos tramos donde ambos métodos tienden a converger. Cabe destacar que en los tramos finales, donde los caudales son bajos y los diámetros más estrechos, las pendientes se elevan en ambos casos, aunque sin grandes divergencias.

### 3.11.3. CONCLUSIONES

Tras analizar comparativamente los dos métodos de cálculo de caudal simultáneo (Norma UNE 149201 y método racional simplificado con  $\alpha = 4$ ), se constata que ambos ofrecen enfoques válidos, pero con diferencias notables en su aplicación real.

**La Norma UNE tiende a sobredimensionar los caudales en los primeros tramos y a infradimensionarlos en los últimos, lo que puede generar instalaciones descompensadas**, equipos más costosos y un funcionamiento menos eficiente. Por su parte, **el método racional mantiene una proporcionalidad más equilibrada entre el caudal real y el caudal de diseño**, lo que se refleja en secciones más coherentes, equipos más ajustados y una red mejor equilibrada hidráulicamente.

En cuanto al comportamiento hidráulico, las pendientes de carga y las pérdidas son mayores en el método racional debido a secciones menores, pero se mantienen dentro de los límites normativos y garantizan el funcionamiento correcto de la instalación.

Considerando el tipo de edificio objeto del proyecto (una escuela infantil), donde el uso simultáneo de terminales puede estar parcialmente sincronizado (recreos, entradas, cambios de aula), es fundamental asegurar una red capaz de absorber puntas de consumo sin incurrir en sobredimensionamientos innecesarios.

En este contexto, **el método racional simplificado sería la opción más adecuada**, ya que proporciona seguridad hidráulica, eficiencia en la selección de equipos y una mejor adaptación a la demanda real esperable en este tipo de entorno educativo.

Por tanto, se recomienda la adopción del método racional como criterio principal de diseño para instalaciones de fontanería en centros escolares.

## 4. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.

### 4.1. ASPECTOS GENERALES

El diseño y dimensionado de la instalación se regirá básicamente por los criterios expuestos en el Documento Básico de Salubridad DB HS 5 del Código Técnico de la Edificación (CTE). Asimismo, se emplearán también criterios propios de diseño y dimensionado cuando se considere oportuno. A continuación, se indican los principales criterios empleados (en **granate** se resaltan los criterios propios):

- **Método de las unidades de desagüe y tablas.** Este método permite asignar diámetros mínimos para derivaciones individuales en función del tipo de aparato sanitario y distintos tipos de uso (público y privado), y según estas unidades de desagüe consideradas y otros parámetros como pendiente de la tubería o plantas del edificio permite también dimensionar el resto de tuberías del edificio.
- **Dimensionado por medio de fórmulas.** Para realizar el dimensionado por medio de fórmulas se han tenido en cuenta los siguientes criterios:
  - **Cálculo de caudales:** caudal mínimo de elementos terminales indicado en los apuntes de la asignatura y cálculo de coeficientes de simultaneidad mediante cualquiera de los métodos indicados en la sesión de fontanería (racional, racional simplificado, UNE 149201:2017, etc.), descritos en el **Apartado 4.1. Cálculo de caudales.**
  - **Diseño y dimensionado de las redes de pequeña evacuación.** Se ha realizado por medio de la ecuación de Manning. Además, para su diseño, se han tenido en cuenta las exigencias descritas en el apartado 3.3.1.2. Redes de pequeña evacuación del DB HS 5 del Código Técnico de la Edificación (CTE), la cual incluye los siguientes aspectos:
    - Los cuartos húmedos dotados con **bote sifónico**, las tuberías que acometan al mismo deben tener una **pendiente comprendida entre el 2% y el 4%.**
    - Los aparatos dotados de **sifón individual**, la pendiente deberá estar comprendida entre **un 2,5 y 5%.**

- **El grado de llenado** de la red de pequeña evacuación se ha dimensionado con un **llenado máximo del 50 %**.
  - La velocidad mínima requerida de las aguas de saneamiento será **de 0,6 m/s**, asegurando con ello que los sólidos (papel, grasas, arenas finas) sean arrastrados sin quedar depositados. También **se ha evitado que esta velocidad sea mayor de 3 m/s**, con la finalidad de evitar ruidos o desgaste en uniones.
- **Bajantes.** Las bajantes se han dimensionado por medio de la **fórmula de Dawson Hunter**. Además, se han tenido en cuenta otras consideraciones:
- Ocupación de agua de las bajantes de residuales de **1/3 de la sección de la tubería diseñada**.
  - Ocupación de agua de las bajantes de pluviales de **1/3 de la sección de la tubería diseñada**.
- **Colectores enterrados.** Al ser tuberías horizontales, se han dimensionado, al igual que la red de pequeña evacuación, **por medio de la Ecuación de Manning**. Además, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:
- Pendientes mayores del 1%, tal y como indica el DB HS 5 del Código Técnico de la Edificación.
  - Grado de llenado  $h/D = 0,5$  y hasta  $h/D = 0,75$  (residuales).
  - Grado de llenado  $h/D = 1$  (pluviales).
  - **Velocidad mínima 0,6 m/s (autolimpieza)**.
  - Grado de llenado  $h/D = 0,8-0,9$  (pluviales).

## 4.2. ESQUEMA Y TRAZADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.

### 4.2.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

El sistema adoptado **es de tipo separativo**, diferenciando claramente las conducciones de aguas residuales (negras y grises) y las de aguas pluviales. Esta solución cumple con lo establecido en el DB HS 5, apartado 3.2 Configuraciones de los sistemas de evacuación, y permite garantizar un mejor

funcionamiento hidráulico, simplificar la explotación y reducir el volumen de caudales enviados a depuración.

La red de saneamiento se ha sectorizado en dos acometidas independientes para residuales, ya que al tratarse de un edificio de una sola planta y ser de grandes dimensiones con numerosos cuartos húmedos, esto favorecerá tanto la construcción del mismo, ya que permite limitar la profundidad tanto de zanjas y colectores, reduce recorridos y facilita el mantenimiento de toda la red ya que se encuentra repartida en distintos tramos:

- **Acometida 1.** Esta agrupa todos los cuartos húmedos provenientes de las nueve aulas de educación infantil y los cuatros baños individuales de la zona norte del edificio.
- **Acometida 2.** Esta acometida recoge las descargas de la zona este del edificio, donde se encuentran los dos vestuarios, cocina y zona de lavado, cuartos de limpieza y los baños comunes del comedor.

En cuanto a la red de pluviales, consta de una sola acometida para todo el edificio, concentrando el agua procedente de las bajantes de cubierta (canalones y sumideros sifónicos), conduciéndolas directamente.

#### **4.2.2. RED INTERIOR DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

En esta escuela de educación infantil no existen bajantes de residuales debido a sus características constructivas. Esta recoge directamente los vertidos de los aparatos y conduce en horizontal hasta arquetas de paso, actuando como elemento de unión con los colectores enterrados bajo la solera del edificio.

##### **➤ RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN.**

Las derivaciones de cada cuarto húmedo constituyen la red de pequeña evacuación, la cual se caracteriza por tener recorridos cortos, mínimos de cambios de dirección y pendientes controladas, garantizando así condiciones de autolimpieza. Además, todos los aparatos disponen de cierre hidráulico y ventilación suficiente para evitar depresiones y sobrepresiones que puedan generar problemas sifónicos.

Se ha tomado como premisa de diseño que **la red de pequeña evacuación se realice con una pendiente del 3%**, ya que se trata de una pendiente que dota de equilibrio entre las exigencias hidráulicas y condiciones constructivas del edificio. Desde el punto de vista funcional de la instalación, este valor permite alcanzar velocidades suficientes para garantizar la autolimpieza de los conductos, ya que, al tratarse de tramos con longitudes pequeñas, una mayor pendiente proporciona en lámina libre una mayor velocidad, evitando así la acumulación de sedimentos. Además, también evitamos que, al contrario del caso anterior, la velocidad de las aguas negras/grises sea demasiado elevada, evitando que se pueda originar un arrastre diferente entre el agua y los sólidos que contiene, provocando que el agua circule a una mayor velocidad que los sólidos y estos queden retenidos en la tubería, provocando atascos.

#### ➤ **COLECTORES ENTERRADOS Y TRAZADO GENERAL.**

Los colectores enterrados canalizan las aguas desde las arquetas de paso hasta las acometidas municipales. Estas se encuentran situadas en la parte sureste del edificio. Como se ha comentado anteriormente, se ha realizado una división en dos de la red de saneamiento.

En la ACOMETIDA 1, se dispone de redes de pequeña evacuación individuales para cada uno de los baños de la zona norte (1 inodoro y 1 lavabo), así como para los baños de las aulas (2 inodoros y 1 lavabo, y en algún aula 1 bañera). De forma general, los colectores que recogen las aguas evacuadas por las redes de pequeña evacuación, discurren en el eje norte-sur hasta llegar

al colector general de esta acometida que discurre desde el este hasta el oeste hasta entroncar con la acometida municipal. **El diseño del trazado contempla una disposición de arquetas que agrupa la evacuación de cada 3 aulas.** El colector que sirve a los baños de la zona norte se enlaza con el grupo de las 3 aulas centrales.

El colector principal de la ACOMETIDA 2 discurre desde el norte hacia el sur hasta embocar con la arqueta municipal y recoge, de forma secuencial, el caudal de residuales de los baños del comedor, la cocina y su zona de lavado anexa, el cuarto de limpieza y los 2 vestuarios.

Con los mismos criterios que en la red de pequeña evacuación, se ha tenido en cuenta para el diseño de los colectores una pendiente del 2%, con la finalidad de garantizar un buen rango de velocidades de descarga. Es menor que en la red de pequeña evacuación ya que se trata de tramos más extensos que esta, por lo que a una pendiente mayor podría generar problemas de ruidos, separación de los sedimentos y el agua o desgastes de los materiales de las tuberías debido a estas velocidades tan altas.

La instalación dispone de arquetas de paso/registro situadas en cambios de dirección, intersecciones y tramos largos, con una separación máxima entre ellas de 15 metros, cumpliendo con las exigencias del CTE.

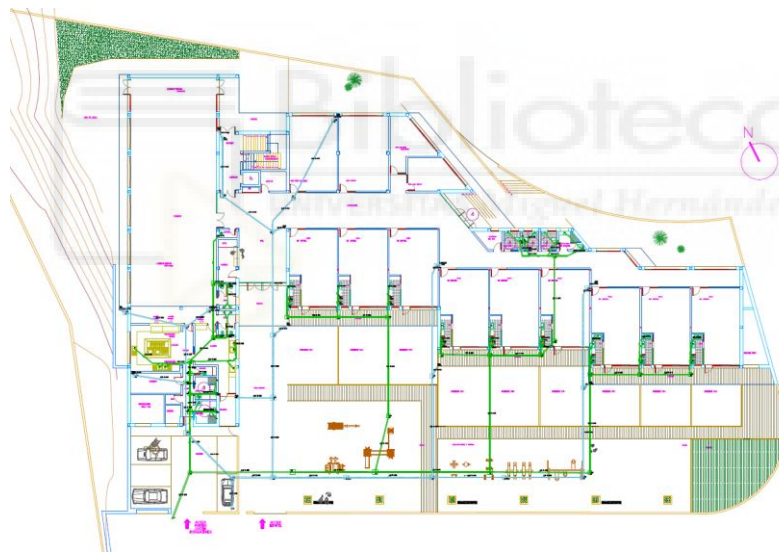
#### **4.2.3. RED INTERIOR DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.**

La red de pluviales funciona de manera independiente de la de residuales, ya que existen dos redes diferenciadas en el alcantarillado público. Esta red contará con los siguientes elementos;

- En el caso de las cubiertas inclinadas, se proyectan **canalones en aleros**, conectados a bajantes que vierten a la red de colectores de pluviales.
- Para las cubiertas horizontales, se disponen de **sumideros sifónicos en cada paño, dimensionados según la superficie de drenaje**. Cada uno de estos sumideros descarga a una bajante vertical. En la edificación objeto de estudio existe una pequeña superficie horizontal, correspondiente a la zona de escaleras, en la que no se ha instalado un sumidero. En esta superficie, ya que no se prevé que acumule una gran cantidad de agua, **se instalará una meona** con el objetivo de descargar el agua a la superficie inferior.
- **Bajantes de pluviales**. Se han diseñado un total de 12 bajantes respectivamente, 7 para los sumideros de la superficie horizontal y 5 para los canalones de las cubiertas inclinadas. La colocación de las bajantes dentro del edificio, al no disponer de patinillos interiores, se han ubicado en las esquinas de las salas, evitando que se encuentren dentro de las aulas de enseñanza para evitar molestias, discurriendo las mismas por medio de falsos pilares.

- **Colectores enterrados de pluviales.** Los colectores de pluviales han sido diseñados con un 3% de pendiente.
- **Arquetas de registro y a pie de bajante.** Aunque no es de obligación según el CTE, al disponer de cubiertas tan amplias se pueden acumular una gran cantidad de sedimentos como hojas, arena o sólidos desde la cubierta. Es por ello que se han dispuesto de arquetas a pie de bajante en las bajantes de la red de pluviales para facilitar registros para garantizar un buen mantenimiento de la misma. Además, se disponen arquetas de registro en cambios bruscos de dirección, unión de distintas partes de la red y en tramos largos, con una separación máxima de 15 metros.

Para una mayor información de la disposición de la instalación de evacuación de aguas del edificio, consultar el **ANEXO PLANOS**.



*Ilustración 4.1. Diseño de la red de evacuación de aguas del edificio objeto del proyecto.*

## 4.3. CÁLCULO DE CAUDALES

### 4.3.1. RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Para el dimensionado por medio de fórmulas (cálculo hidráulico por medio no normativo) se ha realizado a partir de los valores indicados en los apuntes de la asignatura. Estos valores son los descritos en la **Tabla 4.1.**:

Aparatos	Caudal (l/s)
Lavamanos	0,75
Inodoro con cisterna	1,5
Lavabos	0,75

Fregaderos	1,5
Duchas	0,5
Bañera	1,5
Lavavajillas industrial	1,5
Vertedero	0,5

Tabla 4.1 Caudal de desagüe de los distintos aparatos del centro.

El número total de aparatos instalados coincide con lo indicado en el apartado **3.5.1. Cálculo de caudales**, siendo 28 inodoros con cisterna, 19 lavabos, 2 duchas, 2 lavamanos, 4 fregaderos (no domésticos), 3 bañeras, 1 lavavajillas industrial y 1 triturador de basuras (vertedero), para un total de 60 aparatos. Para el cálculo del caudal instalado, debe tenerse en cuenta que los caudales de evacuación son superiores a los de suministro. La Tabla 10 muestra los caudales considerados en el diseño. Los caudales de los aparatos que no se encuentran especificados en los apuntes de la asignatura (lavamanos, vertedero y fregadero y lavavajillas no domésticos) se han estimado de una forma conservadora. Por ejemplo, en el caso de los equipos no domésticos (fregadero y lavavajillas) se ha duplicado el caudal en relación a lo indicado en los apuntes y en el caso de lavamanos se le ha dotado del mismo caudal que un lavabo. Con lo anterior, se obtiene un caudal instalado de diseño de 71,25 l/s.

Para el cálculo de la simultaneidad de caudales, se emplearán los mismos métodos de cálculo que en el apartado de fontanería:

- **Norma UNE 149201:2017, Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.** Se empleará este método para saneamiento ya que, aunque no es una norma concebida para la realización de instalaciones de saneamiento, la coherencia inicial que describe la norma es aplicable en este tipo de instalaciones.
- **Método racional simplificado con  $\alpha = 4$ . (enseñanza, cuarteles).** Este método de cálculo se empleará con un coeficiente de simultaneidad igual a 4, tipología descrita en la norma para edificaciones de enseñanza, cuarteles, etc.

Se incluyen dos ejemplos de cálculo, uno para cada tipología de red. Para la Norma UNE 149201:2017, la red de pequeña evacuación de los baños de la

zona norte (1 inodoro con cisterna y 1 lavabo) se dimensiona con un caudal instalado ( $Q_{INST}$ ) de 2,25 l/s. Al ser el caudal mayor de 1,5 l/s y menor de 20 l/s, el caudal simultáneo obtenido tiene un valor de 2,067 l/s. En el caso del método racional simplificado, la red de pequeña evacuación de los baños de la zona norte (1 inodoro con cisterna y 1 lavabo) se dimensiona con un caudal instalado ( $Q_{INST}$ ) de 2,25 l/s y un coeficiente de simultaneidad de 1 (no se aplica simultaneidad para 1 o 2 aparatos), resultando en  $Q_d = 2,25$  l/s.

Por otra parte, el tramo final de la red de evacuación (acometida), el cual evacúa todos los aparatos de la edificación (60), para la norma Norma UNE 149201:2017, el caudal instalado ( $Q_{INST}$ ) de 71,25 l/s, al ser mayor de 20 l/s, se obtiene un caudal de diseño de 8,834 l/s.

Con el método racional simplificado, se obtiene un coeficiente de simultaneidad de 0,305 (calculado con 60 aparatos y con  $\alpha=4$  para edificios de enseñanza), resultando en  $Q_d = 21,74$  l/s.

#### **4.3.2. RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.**

En el caso de la red de pluviales, el cálculo de caudales se realiza a partir del método racional que se basa en determinar la intensidad de lluvia de diseño y utilizar la expresión  $Q_d = CIA$  para estimar el caudal de cálculo. En la expresión anterior, C es el coeficiente de esorrentías ( $C=1$ , ya que se evacúa el agua al completo), I es la intensidad pluviométrica y A es el área. La opción que se ha utilizado para calcular la intensidad pluviométrica del municipio de Banyeres de Mariola es la información incluida en el Apéndice B del DBHS 5 del CTE. En la **Ilustración 4.2.** se muestra el mapa de isoyetas contenido en el DB HS5 junto con los valores de intensidad pluviométrica que corresponde a cada una:



Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

*Ilustración 4.2 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.*

Banyeres de Mariola se encuentra en la zona B y su isoyeta es 50, por lo que le corresponde una intensidad pluviométrica de 110 mm/h. La **Tabla 4.3** contiene la información relativa a cada una de las cubiertas del edificio con su superficie proyectada y el caudal de evacuación. Puede comprobarse que la superficie total considerada para el cálculo de pluviales es de 2017,9 m<sup>2</sup> (incluyendo superficies inclinadas y horizontales), por lo que el caudal total a evacuar (el que transportará el colector de pluviales que va a la acometida) es de 61,66 l/s. No obstante, para el dimensionado de redes de pequeña evacuación, canalones y bajantes de esta red debe tenerse en cuenta la superficie servida por cada uno de ellos. A modo de ejemplo, la cubierta a dos aguas del comedor, tiene una superficie en planta de 344,1 m<sup>2</sup>. De estos, 197,5 m<sup>2</sup> corresponden al paño oeste y 146,6 m<sup>2</sup> al este. El canalón encargado de evacuar la recogida de pluviales del paño oeste deberá dimensionarse para una caudal de 6,03 l/s. Por simplicidad en este ejemplo, se ha considerado que la superficie servida por cada una de las 7 bajantes de la superficie horizontal es la misma. De esta forma, el caudal evacuado por cada bajante y por su colector asociado será de 4,06 l/s (133,1 m<sup>2</sup> asociados a cada bajante).

Designación	Tipo	Sup. (m <sup>2</sup> )	Q (l/s)
Paño oeste comedor	Inclinada (25%)	197,5	6,03
Paño este comedor	Inclinada (25%)	146,6	4,48

Cubierta 3 aulas este	Inclinada (20%)	269,3	8,23
Cubierta 3 aulas centro	Inclinada (20%)	237,2	7,25
Cubierta 3 aulas oeste	Inclinada (20%)	235,6	7,20
Superficie horizontal	Horizontal	931,7	28,47
		<b>2017,9</b>	<b>61,66</b>

Tabla 4.2. Caudal de desagüe de las superficies de la cubierta del centro.

## 4.4. CÁLCULO DE DIÁMETROS

### 4.4.1. CÁLCULO DE DIÁMETROS PARA LA RED DE RESIDUALES

De acuerdo al *apartado 4.1. Aspectos generales y el apartado 4.2.2. Red interior de evacuación de aguas residuales*, el dimensionado de los tramos “horizontales” (redes de pequeña evacuación, canalones y colectores) se realizará a partir de:

- **La ecuación de Manning**, con la pendiente adecuada cumpliendo con los límites establecidos DB HS 5 del CTE. En este caso, se ha optado por que la red de pequeña evacuación tenga una pendiente del 3% y los colectores enterrados tengan una pendiente del 2%
- Se ha garantizado la condición de autolimpieza (**velocidad mínima 0,6 m/s**).
- El grado de llenado será diferente en función de la tipología de la red. **Para aguas residuales**, se tomará como premisa de diseño que el **grado de llenado sea del 50% en todas las tuberías**.

Para el dimensionado de las tuberías, aunque usemos métodos de cálculo mediante fórmulas, se ha de tener en consideración los diámetros mínimos indicados en las *tablas 4.1., 4.2., 4.3. 4.4. y 4.5. recogidas en el DB HS 5 del Código Técnico de Edificación*, ya que requiere de carácter normativo. A modo de ejemplo, en cualquier cuarto húmedo que por medio de fórmulas requiera un diámetro nominal inferior a 100, en el caso de que exista algún inodoro, este deberá de ser mínimo DN 100.

A modo de ejemplo, según el método racional simplificado, para la red de pequeña evacuación de los baños de la zona norte ( $Q_d = 2,25$  l/s), se obtendría un diámetro de cálculo de 67,33 mm para una pendiente del 3% y grado de llenado del 50%. La sección comercial más cercana a la de cálculo sería un DN 75 (diámetro interior de 69 mm) o un DN 90 (diámetro interior de 84 mm).

Ninguno de los anteriores cumpliría con los diámetros mínimos indicados en el DB HS 5, por lo que necesariamente este tramo (y los ubicados aguas abajo) deben dimensionarse mínimo con DN 100, debido a que hay inodoros dentro de los cuartos húmedos. Se puede comprobar con el caudal y la pendiente de diseño, y la sección seleccionada, la profundidad de llenado real será del 15,5% y la velocidad del agua será de 1,25 m/s. En la **Tabla 4.4.** se muestra el cálculo y la selección de este tramo:

Tramo	Q (l/s)					Cálculo					Selección		Comprobación					
	n	s	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	k	Q <sub>d</sub> (l/s)	h/D	Q/Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub> (l/s)	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	v <sub>0</sub> (m/s)	Q/Q <sub>0</sub>	h/D	v/v <sub>0</sub>	v (m/s)
Baños zona norte	0,009	0,03	2,25	2	1	2,25	0,5	0,5	4,500	67,33	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,155	0,263	0,740	1,247

Tabla 4.3. Tramo de la pequeña evacuación de los baños zona norte

El material elegido para la ejecución de las conducciones será PVC (coeficiente de rugosidad  $n = 0,009$ ). Los diámetros normalizados de estas tuberías se establecen conforme a las normas vigentes: la UNE-EN 1329-1:2022, que regula los sistemas de tuberías plásticas para evacuación de aguas residuales (tanto a baja como a alta temperatura) en el interior de edificios, fabricadas en PVC-U (policloruro de vinilo no plastificado); y la UNE-EN 1401-1:2020+A1:2024, que especifica los sistemas de tuberías de plástico para saneamiento y alcantarillado enterrados sin presión, igualmente en PVC-U.

#### 4.4.2. CÁLCULO DE DIÁMETROS PARA LA RED DE PLUVIALES

En el caso de la red de aguas pluviales, se han tenido las siguientes consideraciones para su dimensionado:

- **En el caso de las tuberías horizontales (excepto canalones) se han dimensionado con un grado de llenado del 80%.** Si bien es cierto que la normativa descrita en el DB HS 5 del CTE no indica ninguna obligatoriedad en este aspecto, es decir, permite que la tubería tenga un nivel de llenado del 100%, se ha dimensionado para un 80% para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, ya que un grado de llenado del 100% provocaría que en aquellos puntos donde la presión es la ambiente podría originar desbordamientos. Para su cálculo se han utilizado **la ecuación de Manning.**
- **En el caso de los canalones,** al ser tuberías seccionadas por la mitad, se ha tenido en cuenta **un grado de llenado del 50% para evitar**

**desbordamientos.** Para su cálculo, se han empleado **las ecuaciones de Manning**, al igual que en el caso anterior, al tratarse de conducciones horizontales.

- Para las bajantes de la red de pluviales, se ha dimensionado por medio **de la ecuación de Dawson-Hunter** con el criterio de que la superficie ocupada por agua sea igual a 1/3 de la sección del tramo.

Para la red de pluviales, al no tener unidades de consumo, se ha dimensionado por medio de aplicación de fórmulas (Ecuación de Manning y Dawson-Hunter), y por medio del método tabular. Los resultados se describen en el **apartado 4.5.2. Resultados de la red de pluviales.**

#### **4.5. RESULTADOS DEL DIMENSIONADO DE LA RED DE SANEAMIENTO.**

En este apartado, se muestran los resultados obtenidos por medio de los distintos métodos de cálculo para las redes de residuales y de pluviales. Para ello, se compararán inicialmente los resultados manuales obtenidos por medio del método racional simplificado y se compararán con los obtenidos por el software CYPEPLUMBING Water Systems con el fin de corroborar la fiabilidad de los mismos. Una vez realizada esta comparación, se describirán el resto de resultados obtenidos con los distintos métodos propuestos.

#### 4.5.1. RESULTADOS DE LA RED DE RESIDUALES.

##### 4.5.1.1. MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO

A continuación, se muestran los resultados obtenidos utilizando el caudal de diseño obtenido por el método racional simplificado para un valor de  $\alpha = 4$ . (enseñanza, cuarteles) para la red de saneamiento de la Escuela Infantil:

- Cálculos obtenidos manualmente.

A continuación, en la **Tabla 4.5.**, se muestran los diámetros obtenidos por medio de cálculos manuales:

RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES																				
Tramo	Q (l/s)						Cálculo					Selección		Comprobación						
	Referencia plano	n	s	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	k	Q <sub>d</sub> (l/s)	h/D	Q/Q <sub>d</sub>	Q <sub>0</sub> (l/s)	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	v <sub>0</sub> (m/s)	Q/Q <sub>0</sub>	h/D	v/v <sub>0</sub>	v (m/s)	
Baños zona norte	TH15	0,009	0,03	2,25	2	1	2,25	0,5	0,5	4,500	67,33	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,155	0,263	0,740	1,247	
Baños aulas (con bañera)	TH71	0,009	0,03	5,25	4	0,686	3,60	0,5	0,5	7,208	80,34	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,250	0,339	0,840	1,415	
Baño aulas	TH27	0,009	0,03	3,75	3	0,802	3,01	0,5	0,5	6,016	75,07	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,210	0,309	0,800	1,348	
Baño comedor	TH112	0,009	0,03	4,5	4	0,686	3,09	0,5	0,5	6,178	75,83	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,210	0,309	0,800	1,348	
Cocina	TH130	0,009	0,03	4,5	3	0,802	3,61	0,5	0,5	7,219	80,38	PVC 90	84	8,118	1,465	0,440	0,464	0,970	1,421	
Lavado cocina	TH135	0,009	0,03	3,5	3	0,802	2,81	0,5	0,5	5,615	73,15	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,195	0,297	0,780	1,314	
Limpieza cocina	TH111	0,009	0,03	0,75	1	1,000	0,75	0,5	0,5	1,500	44,59	PVC 75	69	4,804	1,285	0,155	0,263	0,740	0,951	
Vestuario cocina	TH141	0,009	0,03	2,75	3	0,802	2,21	0,5	0,5	4,412	66,83	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,155	0,263	0,740	1,247	
RED DE COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES																				
ACOMETIDA 1	Baños zona norte	TH8	0,009	0,02	9	8	0,512	4,61	0,5	0,5	9,212	95,03	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,390	0,433	0,940	1,293
	1 aula (sin bañera)	TH83	0,009	0,02	3,75	3	0,802	3,01	0,5	0,5	6,016	81,00	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,250	0,339	0,840	1,155
	2 aulas (sin bañera)	TH82	0,009	0,02	7,5	6	0,572	4,29	0,5	0,5	8,579	92,53	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,360	0,414	0,920	1,265
	3 aulas (sin bañera)	TH81	0,009	0,02	11,25	9	0,491	5,52	0,5	0,5	11,041	101,71	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,470	0,482	0,990	1,362
	1 aula	TH52	0,009	0,02	5,25	4	0,686	3,60	0,5	0,5	7,208	86,68	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,310	0,381	0,890	1,224
	2 aulas	TH51	0,009	0,02	10,5	8	0,512	5,37	0,5	0,5	10,747	100,69	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,460	0,476	0,980	1,348
	3 aulas	TH50	0,009	0,02	15,75	12	0,446	7,03	0,5	0,5	14,054	111,35	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,420	0,451	0,960	1,445
	Baños zona norte + 1 aula	TH6	0,009	0,02	12,75	11	0,459	5,85	0,5	0,5	11,697	103,94	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,350	0,407	0,920	1,385
	Baños zona norte + 3 aulas	TH5	0,009	0,02	20,25	17	0,403	8,15	0,5	0,5	16,306	117,73	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,490	0,494	1,000	1,505
	Baños zona norte + 6 aulas	TH4	0,009	0,02	36	29	0,352	12,68	0,5	0,5	25,351	138,92	PVC 160	153,6	33,141	1,789	0,380	0,426	0,930	1,663
Baños zona norte + 9 aulas	TH3	0,009	0,02	47,25	38	0,332	15,70	0,5	0,5	31,393	150,51	PVC 200	192,2	60,256	2,077	0,260	0,346	0,850	1,765	
ACOMETIDA 2	1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	TH110	0,009	0,02	5,25	5	0,618	3,25	0,5	0,5	6,491	83,35	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,270	0,353	0,860	1,183
	2 Baños comedor + 1 zona limpieza	TH109	0,009	0,02	9,75	9	0,491	4,78	0,5	0,5	9,569	96,40	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,410	0,445	0,950	1,307
	Baños comedor + zona lavado + cocina	TH108	0,009	0,02	17,75	15	0,417	7,40	0,5	0,5	14,808	113,55	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,440	0,464	0,970	1,460
	Baños + lavado + cocina + limpieza	TH107	0,009	0,02	18,5	16	0,409	7,58	0,5	0,5	15,151	114,53	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,450	0,470	0,970	1,460
	Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	TH106	0,009	0,02	21,25	19	0,391	8,30	0,5	0,5	16,603	118,53	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,490	0,494	1,000	1,505
	Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	TH105	0,009	0,02	24	22	0,376	9,03	0,5	0,5	18,054	122,31	PVC 160	153,6	33,141	1,789	0,270	0,353	0,860	1,538
	Acometida	TH1	0,009	0,02	71,25	60	0,305	21,74	0,5	0,5	43,489	170,08	PVC 200	192,2	60,256	2,077	0,36	0,414	0,920	1,911

Tabla 4.4 Cálculo de diámetros por medio del método racional simplificado manualmente.

- Cálculos obtenidos por medio de software CYPEPLUMBING:

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



En la **Tabla 4.6.** se mostrarán los resultados obtenidos para la red de residuales por medio del software Cypeplumbing:

Tramo		Pequeña evacuación				Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
		L (m)	i (%)	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)			
Baños zona norte	TH15	2,495	3	110	2,25	1	2,25	26,91	1,23	104	110	
Baños aulas (con bañera)	TH71	1,401	3	110	5,25	0,69	3,6	34,35	1,41	104	110	
Baños aulas	TH27	0,895	3	110	3,75	0,8	3,01	31,24	1,34	104	110	
Baño comedor	TH112	0,479	3	110	4,5	0,69	3,09	31,68	1,35	104	110	
Cocina	TH130	2,384	3	90	4,5	0,8	3,61	47,05	1,42	84	90	
Lavado cocina	TH135	4,559	3	110	3,5	0,8	2,81	30,15	1,31	104	110	
Limpieza cocina	TH111	6,546	3	40	0,75	1	0,75	26,71	0,93	69	75	
Vestuario cocina	TH141	0,789	3	110	2,75	0,8	2,21	26,64	1,22	104	110	
<b>Acometida 1</b>												
Baños zona norte	TH8	10,566	2	110	9	0,51	4,61	43,81	1,3	104	110	
1 aula (sin bañera)	TH83	6,24	2	110	3,75	0,8	3,01	34,75	1,16	104	110	
2 aulas (sin bañera)	TH82	6,182	2	110	7,5	0,57	4,29	42,11	1,27	104	110	
3 aulas (sin bañera)	TH81	12,274	2	110	11,25	0,49	5,52	48,59	1,36	104	110	
1 aula	TH52	6,205	2	110	5,25	0,69	3,6	38,28	1,21	104	110	
2 aulas	TH51	6,105	2	110	10,5	0,51	5,37	47,83	1,35	104	110	
3 aulas	TH50	12,212	2	110	15,75	0,45	7,03	45,37	1,44	119	125	
Baños zona norte + 1 aula	TH6	6,323	2	110	12,75	0,46	5,85	40,95	1,37	119	125	
Baños zona norte + 3 aulas	TH5	14,528	2	125	20,25	0,4	8,15	49,43	1,5	119	125	
Baños zona norte + 6 aulas	TH4	14,217	2	125	36	0,35	12,68	42,89	1,67	154	160	
Baños zona norte + 9 aulas	TH3	10,212	2	160	47,25	0,33	15,7	48,44	1,76	154	160	
<b>Acometida 2</b>												
1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	TH110	6,704	2	110	5,25	0,62	3,25	36,18	1,18	104	110	
2 Baños comedor + 1 zona limpieza	TH109	4,064	2	110	9,75	0,49	4,78	44,76	1,31	104	110	
Baños comedor + zona lavado + cocina	TH108	1,386	2	110	17,75	0,42	7,4	46,74	1,46	119	125	
Baños + lavado + cocina + limpieza	TH107	2,449	2	125	18,5	0,41	7,58	47,36	1,47	119	125	
Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	TH106	2,111	2	125	21,25	0,39	8,3	49,95	1,5	119	125	
Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	TH105	7,503	2	125	24	0,38	9,03	35,66	1,52	154	160	
Acometida	TH1	6,097	2	160	71,25	0,31	21,74	41,53	1,91	192	200	

Tabla 4.5. Cálculo de diámetros por medio del método racional simplificado con software Cypeplumbing.

Con el fin de verificar los datos obtenidos mediante el software Cypeplumbing, se compararán los valores de llenado, velocidad y Diámetros obtenidos. Esta comparativa se muestra en la **Tabla 4.7. Comparación de resultados mediante software y manuales:**

Tramo		Cálculo mediante software				Cálculo manual			
		Cálculo hidráulico		D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	Cálculo hidráulico		D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
		Y/D (%)	v (m/s)			Y/D (%)	v (m/s)		
Baños zona norte	TH15	26,91	1,23	104	110	26%	1,25	103,6	PVC 110
Baños aulas (con bañera)	TH71	34,35	1,41	104	110	34%	1,42	103,6	PVC 110

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Baños aulas	TH27	31,24	1,34	104	110	31%	1,35	103,6	PVC 110	
Baño comedor	TH112	31,68	1,35	104	110	31%	1,35	103,6	PVC 110	
Cocina	TH130	47,05	1,42	84	90	46%	1,42	84	PVC 90	
Lavado cocina	TH135	30,15	1,31	104	110	30%	1,31	103,6	PVC 110	
Limpieza cocina	TH111	26,71	0,93	69	75	26%	0,95	69	PVC 75	
Vestuario cocina	TH141	26,64	1,22	104	110	26%	1,25	103,6	PVC 110	
<b>Acometida 1</b>										
Baños zona norte	TH8	43,81	1,3	104	110	43%	1,29	103,6	PVC 110	
1 aula (sin bañera)	TH83	34,75	1,16	104	110	34%	1,16	103,6	PVC 110	
2 aulas (sin bañera)	TH82	42,11	1,27	104	110	41%	1,27	103,6	PVC 110	
3 aulas (sin bañera)	TH81	48,59	1,36	104	110	48%	1,36	103,6	PVC 110	
1 aula	TH52	38,28	1,21	104	110	38%	1,22	103,6	PVC 110	
2 aulas	TH51	47,83	1,35	104	110	48%	1,35	103,6	PVC 110	
3 aulas	TH50	45,37	1,44	119	125	45%	1,45	118,6	PVC 125	
Baños zona norte + 1 aula	TH6	40,95	1,37	119	125	41%	1,38	118,6	PVC 125	
Baños zona norte + 3 aulas	TH5	49,43	1,5	119	125	49%	1,51	118,6	PVC 125	
Baños zona norte + 6 aulas	TH4	42,89	1,67	154	160	43%	1,66	153,6	PVC 160	
Baños zona norte + 9 aulas	TH3	48,44	1,76	154	160	48%	1,77	153,6	PVC 160	
<b>Acometida 2</b>										
1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	TH110	36,18	1,18	104	110	35%	1,18	103,6	PVC 110	
2 Baños comedor + 1 zona limpieza	TH109	44,76	1,31	104	110	45%	1,31	103,6	PVC 110	
Baños comedor + zona lavado + cocina	TH108	46,74	1,46	119	125	46%	1,46	118,6	PVC 125	
Baños + lavado + cocina + limpieza	TH107	47,36	1,47	119	125	47%	1,46	118,6	PVC 125	
Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	TH106	49,95	1,5	119	125	49%	1,51	118,6	PVC 125	
Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	TH105	35,66	1,52	154	160	35%	1,54	153,6	PVC 160	
Acometida	TH1	41,53	1,91	192	200	41%	1,91	192,2	PVC 200	

Tabla 4.6. Comparación de resultados mediante software y manuales

Los **diámetros obtenidos mediante el cálculo manual y los obtenidos con el software CYPEPLUMBING son idénticos**. Únicamente existen ligeras diferencias (en la mayoría de los casos de centésimas) de la velocidad y grado de llenado calculado por el software. Estas diferencias se pueden deber a los distintos criterios de redondeo y precisión numérica empleados por el software, el cual realiza iteraciones automáticas considerando la rugosidad del material y las pérdidas localizadas de cada tramo. En cualquier caso, la coherencia entre ambos métodos confirma la validez del dimensionado hidráulico realizado, garantizando que los resultados obtenidos por el programa se ajustan a los valores calculados manualmente.

A continuación, se muestra el resto de resultados obtenidos, por la norma UNE y por medio del método tabular. Cabe destacar que los cálculos obtenidos mediante la aplicación de la norma UNE en la red de aguas residuales han sido realizados de forma manual, dado que dicha norma no está concebida para el dimensionado de sistemas de saneamiento y, por tanto, no es contemplada por el software CYPEPLUMBING. No obstante, se ha considerado oportuno incluir su análisis como objeto de

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



estudio, siguiendo la línea comparativa empleada en la red de fontanería y aportando una perspectiva adicional de interés técnico.

## 4.5.1.2. NORMA UNE 149201:2017

En la **Tabla 4.8.** se muestran los resultados obtenidos por la norma UNE 149201:2017:

RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES																			
Tramo	Q (l/s)						Cálculo					Selección		Comprobación					
	Referencia plano	n	s	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	k	Q <sub>d</sub> (l/s)	h/D	Q/Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub> (l/s)	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	v <sub>0</sub> (m/s)	Q/Q <sub>0</sub>	h/D	v/v <sub>0</sub>	v (m/s)
Baños zona norte	TH15	0,009	0,03	2,25	2		2,067	0,5	0,5	4,134	65,22	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,145	0,254	0,720	1,213
Baños aulas (con bañera)	TH71	0,009	0,03	5,25	4		3,475	0,5	0,5	6,950	79,25	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,240	0,331	0,830	1,398
Baños aulas	TH27	0,009	0,03	3,75	3		2,877	0,5	0,5	5,754	73,83	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,200	0,301	0,790	1,331
Baño comedor	TH112	0,009	0,03	4,5	4		3,194	0,5	0,5	6,388	76,78	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,220	0,316	0,810	1,365
Cocina	TH130	0,009	0,03	4,5	3		3,194	0,5	0,5	6,388	76,78	PVC 90	84	8,118	1,465	0,390	0,433	0,940	1,377
Lavado cocina	TH135	0,009	0,03	3,5	3		2,761	0,5	0,5	5,522	72,70	PVC 90	84	8,118	1,465	0,340	0,401	0,910	1,333
Limpieza cocina	TH111	0,009	0,03	0,75	1		0,750	0,5	0,5	1,500	44,59	PVC 75	69	4,804	1,285	0,155	0,263	0,740	0,951
Vestuario cocina	TH141	0,009	0,03	2,75	3		2,372	0,5	0,5	4,744	68,67	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,165	0,272	0,750	1,264
RED DE COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES																			
ACOMETIDA 1	Baños zona norte	TH8	0,009	0,02	9	8	4,553	0,5	0,5	9,107	94,63	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,390	0,433	0,940	1,293
	1 aula (sin bañera)	TH83	0,009	0,02	3,75	3	2,877	0,5	0,5	5,754	79,66	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,240	0,331	0,830	1,142
	2 aulas (sin bañera)	TH82	0,009	0,02	7,5	6	4,171	0,5	0,5	8,342	91,56	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,350	0,407	0,920	1,265
	3 aulas (sin bañera)	TH81	0,009	0,02	11,25	9	5,048	0,5	0,5	10,096	98,36	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,300	0,374	0,880	1,325
	1 aula	TH52	0,009	0,02	5,25	4	3,475	0,5	0,5	6,950	85,51	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,290	0,367	0,870	1,197
	2 aulas	TH51	0,009	0,02	10,5	8	4,892	0,5	0,5	9,784	97,21	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,420	0,451	0,960	1,321
	3 aulas	TH50	0,009	0,02	15,75	12	5,852	0,5	0,5	11,705	103,97	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,350	0,407	0,920	1,385
	Baños zona norte + 1 aula	TH6	0,009	0,02	12,75	11	5,339	0,5	0,5	10,677	100,44	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,460	0,476	0,980	1,348
	Baños zona norte + 3 aulas	TH5	0,009	0,02	20,25	17	6,500	0,5	0,5	13,000	108,14	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,390	0,433	0,940	1,415
	Baños zona norte + 6 aulas	TH4	0,009	0,02	36	29	7,750	0,5	0,5	15,500	115,51	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,460	0,476	0,980	1,475
Baños zona norte + 9 aulas	TH3	0,009	0,02	47,25	38	8,227	0,5	0,5	16,453	118,13	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,490	0,494	1,000	1,505	
ACOMETIDA 2	1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	TH110	0,009	0,02	5,25	5	3,475	0,5	0,5	6,950	85,51	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,290	0,367	0,870	1,197
	2 Baños comedor + 1 zona limpieza	TH109	0,009	0,02	9,75	9	4,727	0,5	0,5	9,455	95,97	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,400	0,439	0,950	1,307
	Baños comedor + zona lavado + cocina	TH108	0,009	0,02	17,75	15	6,156	0,5	0,5	12,312	105,96	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,370	0,420	0,930	1,400
	Baños + lavado + cocina + limpieza	TH107	0,009	0,02	18,5	16	6,264	0,5	0,5	12,527	106,65	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,370	0,420	0,930	1,400
	Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	TH106	0,009	0,02	21,25	19	6,619	0,5	0,5	13,238	108,88	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,390	0,433	0,940	1,415
	Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	TH105	0,009	0,02	24	22	6,907	0,5	0,5	13,814	110,63	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,410	0,445	0,950	1,430
Acometida	TH1	0,009	0,02	71,25	60	8,834	0,5	0,5	17,669	121,33	PVC 160	153,6	33,141	1,789	0,263	0,346	0,850	1,520	

Tabla 4.7. Resultados de la red de residuales por medio de la norma UNE 149201:2017

## 4.5.1.3. MÉTODO TABULAR.

En la **Tabla 4.9.** se muestran los resultados obtenidos por el método tabular:

Red de pequeña evacuación			Colectores								
			Acometida 1			Acometida 2			Acometida principal		
Tramo	UD	DN	Tramo	UD	DN	Tramo	UD	DN	Tramo	UD	DN
Baños zona norte	7	110	Baños zona norte	28	110	1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	16	110	Acometida	238	110
Baños aulas (con bañera)	16	110	1 aula (sin bañera)	12	110	2 Baños comedor + 1 zona limpieza	30	110			
Baños aulas	12	110	2 aulas (sin bañera)	24	110	Baños comedor + zona lavado + cocina	68	110			
Baño comedor	14	110	3 aulas (sin bañera)	36	110	Baños + lavado + cocina + limpieza	70	110			
Cocina	18	75	1 aula	16	110	Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	80	110			
Lavado cocina	20	110	2 aulas	32	110	Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	90	110			
Limpieza cocina	2	40	3 aulas	48	110						
Vestuario cocina	10	110	Baños zona norte + 1 aula	40	110						
			Baños zona norte + 3 aulas	64	110						
			Baños zona norte + 6 aulas	112	110						
			Baños zona norte + 9 aulas	148	110						

Tabla 4.8. Resultados de la red de residuales por medio del método tabular.

## 4.5.2. RESULTADOS DE LA RED DE PLUVIALES

### 4.5.2.1. CÁLCULO MEDIANTE FÓRMULAS.

Como en el apartado de resultados de la red de residuales, se realizará una comparativa de los resultados obtenidos manualmente como los obtenidos por el software Cypeplumbing, verificando así los resultados obtenidos.

A continuación, se muestra, con las características de diseño descritas en el **apartado 4.4.2. Cálculo de diámetros para la red de pluviales**, los resultados para la red de pluviales diseñada para el edificio objeto del proyecto, cuyo caudal de diseño se ha descrito en el apartado **4.3.2. Red de evacuación de aguas pluviales**. Se dividirá en tres tablas, una referenciada para los canalones, otra para las bajantes y sumideros y la última para los colectores.

### CANALONES.

- **Cálculos obtenidos manualmente.**

A continuación, en la **Tabla 4.5.**, se muestran los diámetros obtenidos por medio de cálculos manuales de los canalones diseñados:

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

I (mm/h) 110

PLUVIALES																
Información tramo				Cálculo				Selección			Comprobación					
Tramo	n	s	A (m <sup>2</sup> )	Q <sub>d</sub> (l/s)	h/D	Q/Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub> (l/s)	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	v <sub>0</sub> (m/s)	Q/Q <sub>0</sub>	h/D	v/v <sub>0</sub>	v (m/s)
Paño oeste comedor	0,009	0,02	197,5	6,03	0,5	0,5	12,069	105,17	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,36	0,414	0,920	1,385
Paño este comedor	0,009	0,02	146,6	4,48	0,5	0,5	8,959	94,05	PVC 110	103,6	11,595	1,376	0,381	0,426	0,930	1,279
Cubierta 3 aulas este	0,009	0,02	269,3	8,23	0,5	0,5	16,457	118,14	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,494	0,494	1,000	1,505
Cubierta 3 aulas centro	0,009	0,02	237,2	7,25	0,5	0,5	14,496	112,65	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,433	0,458	0,960	1,445
Cubierta 3 aulas oeste	0,009	0,02	235,6	7,20	0,5	0,5	14,398	112,36	PVC 125	118,6	16,630	1,505	0,426	0,451	0,960	1,445

Tabla 4.9. Cálculo de diámetros por medio de fórmulas obtenidas manualmente.

- **Cálculos obtenidos por medio de software CYPEPLUMBING:**

Se ha observado que el programa Cypeplumbing, aunque si realiza los cálculos de los canalones, no exporta los resultados, por lo que la siguiente tabla recoge los resultados obtenidos de los cálculos realizados:

Tramo	s	A (m <sup>2</sup> )	Q <sub>d</sub> (l/s)	h/D	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	h/D	v (m/s)
Paño oeste comedor	0,02	197,5	6,04	0,5	PVC 125	118,6	16,63	0,416	1,39
Paño este comedor	0,02	146,6	4,48	0,5	PVC 110	103,6	11,6	0,431	1,29
Cubierta 3 aulas este	0,02	269,3	8,23	0,5	PVC 125	118,6	16,63	0,497	1,5
Cubierta 3 aulas centro	0,02	237,2	7,25	0,5	PVC 125	118,6	16,63	0,462	1,45
Cubierta 3 aulas oeste	0,02	235,6	7,20	0,5	PVC 125	118,6	16,63	0,46	1,45

Tabla 4.10. Cálculo de diámetros por medio de fórmulas obtenidas mediante software.

No existen diferencias en los diámetros elegidos entre el software y los obtenidos manualmente.

### SUMIDEROS Y BAJANTES.

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la tabla 4.6 del DB HS 5, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven. En la **Tabla 4.12.** se muestra lo indicado en la normativa:

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

Tabla 4.11. Tabla 4.6. del DB HS5, correspondiente al número de sumideros en función de la superficie de cubierta.

Como la superficie horizontal es de 931,17 m<sup>2</sup> (incluida la superficie correspondiente a la zona de escaleras), se deben disponer de 1 sumidero cada 150 m<sup>2</sup>, por lo que en la instalación se han diseñado un total de 7 sumideros. Cada uno de ellos irá conectado a una bajante para su posterior evacuación.

En el caso de las bajantes (pluviales), sólo existe un tipo de bajante para la superficie horizontal (se ha asumido que todas las bajantes sirven la misma superficie).

- **Cálculos obtenidos manualmente.**

Los cálculos mostrados en la **Tabla 4.13.** corresponden a los obtenidos manualmente:

Información tramo		Cálculo		Selección		Comprobación	
Tramo	Sup. (m <sup>2</sup> )	Q (l/s)	r	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	r
Paño oeste comedor	197,5	6,03	0,333	80,18	PVC 90	84	0,309
Paño este comedor	146,6	4,48	0,333	71,70	PVC 90	84	0,259
Cubierta 3 aulas este	269,30	8,23	0,333	90,07	PVC 110	103,6	0,266
Cubierta 3 aulas centro	237,20	7,25	0,333	85,88	PVC 110	103,6	0,247
Cubierta 3 aulas oeste	235,60	7,20	0,333	85,67	PVC 110	103,6	0,246
Sup. Hztal.	133,1	4,067	0,333	69,15	PVC 90	84	0,244

Tabla 4.12. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio de fórmulas obtenidas manualmente.

- **Cálculos obtenidos por medio de software.**

Tuberías verticales													
Ref.		L (m)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico				D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	r (%)			
Paño oeste comedor	BA5	2.917	-	-	-	125	6.04	1.00	6.04	17.82	119	125	
Paño este comedor	BA6	2.918	-	-	-	110	4.48	1.00	4.48	18.50	104	110	
Cubierta 3 aulas este	BA3	3.03	-	-	-	125	8.23	1.00	8.23	21.46	119	125	
Cubierta 3 aulas centro	BA4	3.123	-	-	-	125	7.25	1.00	7.25	19.89	119	125	
Cubierta 3 aulas oeste	BA2	3.126	-	-	-	125	7.2	1.00	7.2	19.81	119	125	
Sup. Hztal.	BA61/BA62/BA63/BA64/BA65/BA66 BA67	3.501	-	-	-	50	4.07	1.00	4.07	24.62	84	90	

*Tabla 4.13. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio de fórmulas obtenidas mediante software.*

En las bajantes asociadas a los canalones se observan diferencias entre los diámetros obtenidos manualmente y los calculados por el software. El método manual determina el diámetro únicamente en función del caudal, sin considerar la continuidad entre el canalón y la bajante, lo que puede generar incompatibilidades constructivas.

En el ejemplo analizado, para el paño oeste del comedor, el cálculo manual asigna una bajante DN 90 para 6,03 l/s, mientras que el canalón precedente es DN 125. Cypeplumbing, en cambio, mantiene la continuidad dimensional para asegurar coherencia hidráulica y constructiva, evitando reducciones que podrían generar puntos críticos o dificultar la ejecución.

### COLECTORES.

Para los colectores, tanto en los cálculos manuales como informáticos, se va a seguir el mismo criterio de continuidad descrito anteriormente.

- **Cálculos obtenidos manualmente.**

Los cálculos mostrados en la **Tabla 4.15.** corresponden a los obtenidos manualmente:

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



		I (mm/h)		110												
Información tramo		Cálculo						Selección			Comprobación					
Tramo	n	s	Q (l/s)	h/D	Q/Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub> (l/s)	D (mm)	DN	D <sub>int</sub> (mm)	Q <sub>0</sub> (l/s)	v <sub>0</sub> (m/s)	Q/Q <sub>0</sub>	h/D	v/v <sub>0</sub>	v (m/s)	
Sup. Hztal. (cualquiera)	0,009	0,03	4,07	0,802	0,915	4,445	67,02	PVC 90	84	8,118	1,465	0,500	0,500	1,000	1,465	
Sup. Hztal. 2 + 3 aulas paño centro	0,009	0,03	11,31	0,802	0,915	12,366	98,36	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,550	0,531	1,020	1,880	
Sup. Hztal. 3+4+5	0,009	0,03	12,20	0,802	0,915	13,334	101,18	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,855	0,742	1,070	1,803	
Sup. Hztal. 3+4+5 + 3 aulas paño oeste	0,009	0,03	19,40	0,802	0,915	21,202	120,40	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,950	0,849	1,050	1,936	
Sup. Hztal. 3+4+5 +6+ 3 aulas paño oeste	0,009	0,03	23,47	0,802	0,915	25,647	129,31	PVC 160	153,6	40,589	2,190	0,570	0,543	1,030	2,256	
Paño oeste comedor	0,009	0,03	6,03	0,802	0,915	6,595	77,71	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,290	0,367	0,870	1,604	
Paño este comedor	0,009	0,03	4,48	0,802	0,915	4,896	69,49	PVC 110	103,6	14,201	1,685	0,310	0,381	0,890	1,499	
Paño oeste comedor+ Paño este comedor	0,009	0,03	10,51	0,802	0,915	11,491	95,69	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,510	0,506	1,000	1,844	
Paño oeste comedor+ Paño este comedor+ Sup. Hztal. 7	0,009	0,03	14,58	0,802	0,915	15,936	108,17	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,710	0,633	1,060	1,954	
Sup. Hztal. 1 + 3 aulas	0,009	0,03	12,30	0,802	0,915	13,438	101,48	PVC 125	118,6	20,367	1,844	0,600	0,562	1,040	1,917	
Sup. Hztal. 1+2 + 6 aulas	0,009	0,03	23,61	0,802	0,915	25,804	129,60	PVC 160	153,6	40,589	2,190	0,580	0,550	1,030	2,256	
Sup. Hztal. 1+2+3+4+5+6 + 9 aulas	0,009	0,03	47,08	0,802	0,915	51,450	167,88	PVC 200	192,2	73,798	2,544	0,630	0,581	1,050	2,671	
Acometida	0,009	0,03	61,66	0,802	0,915	67,386	185,76	PVC 200	192,2	73,798	2,544	0,835	0,725	1,080	2,747	

Tabla 4.14. Cálculo de diámetros de los colectores por medio de fórmulas obtenidas manualmente.

- Cálculos obtenidos por medio de software.

Tuberías horizontales															
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)		
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)				
Sup. Hztal. (cualquiera)	TH159	7.086	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90	
Sup. Hztal. 2 + 3 aulas paño centro	TH175	12.606	3.00	-	-	-	125	11.32	1.00	11.32	53.26	1.89	119	125	
Sup. Hztal. 3+4+5	TH157	12.846	3.00	-	-	-	90	12.21	1.00	12.21	71.46	1.89	104	110	
Sup. Hztal. 3+4+5 + 3 aulas paño oeste	TH156	7.723	3.00	-	-	-	125	19.41	1.00	19.41	78.03	2.1	119	125	
Sup. Hztal. 3+4+5 +6+ 3 aulas paño oeste	TH155	9.888	3.00	-	-	-	125	23.48	1.00	23.48	54.58	2.27	154	160	
Paño oeste comedor	TH182	7.692	3.00	-	-	-	125	6.04	1.00	6.04	37.31	1.61	119	125	
Paño este comedor	TH184	3.415	3.00	-	-	-	110	4.48	1.00	4.48	38.59	1.49	104	110	
Paño oeste comedor+ Paño este comedor	TH181	6.882	3.00	-	-	-	125	10.52	1.00	10.52	50.96	1.86	119	125	
Paño oeste comedor+ Paño este comedor+ Sup. Hztal. 7	TH180	6.165	3.00	-	-	-	125	14.59	1.00	14.59	62.60	2	119	125	
Sup. Hztal. 1 + 3 aulas	TH171	11.069	3.00	-	-	-	125	12.3	1.00	12.3	56.05	1.93	119	125	
Sup. Hztal. 1+2 + 6 aulas	TH168	10.651	3.00	-	-	-	125	23.62	1.00	23.62	54.78	2.27	154	160	
Sup. Hztal. 1+2+3+4+5+6 + 9 aulas	TH154	5.004	3.00	-	-	-	160	47.09	1.00	47.09	58.04	2.7	192	200	
Acometida	TH153	3.871	3.00	-	-	-	200	61.68	1.00	61.68	69.91	2.85	192	200	

Tabla 4.15. Cálculo de diámetros de los colectores por medio de fórmulas obtenidas mediante software.

#### 4.5.2.2. MÉTODO TABULAR.

Para proceder al dimensionado por medio de tablas, se han empleado las tablas 4.7, 4.8 y 4.9 del DB HS 5 para canalones, bajantes y colectores, respectivamente. A continuación, se muestran los resultados para cada uno de ellos:

#### CANALONES.

Siguiendo las exigencias desarrolladas en la **Tabla 4.7. del DB HS 5**, se han obtenido los siguientes resultados:

I (mm/h)		110		PLUVIALES		
Tramo	Información tramo		Método UD			
	n	s	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>corr</sub> (m <sup>2</sup> )	DN	
Paño oeste comedor	0,009	0,02	197,5	217,25	200	
Paño este comedor	0,009	0,02	146,6	161,26	150	
Cubierta 3 aulas este	0,009	0,02	269,3	296,23	200	
Cubierta 3 aulas centro	0,009	0,02	237,2	260,92	200	
Cubierta 3 aulas oeste	0,009	0,02	235,6	259,16	200	

Tabla 4.16. Cálculo de diámetros de los canalones por medio de método tabular.

#### BAJANTES.

Los diámetros nominales se han obtenido en base a la **Tabla 4.8. del DB HS5**, obteniendo los siguientes resultados:

I (mm/h)		110		PLUVIALES		
Tramo	Información tramo		Método UD			
	n	s	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>corr</sub> (m <sup>2</sup> )	DN	
Paño oeste comedor	0,009	0,02	197,5	217,25	200	
Paño este comedor	0,009	0,02	146,6	161,26	150	
Cubierta 3 aulas este	0,009	0,02	269,3	296,23	200	
Cubierta 3 aulas centro	0,009	0,02	237,2	260,92	200	
Cubierta 3 aulas oeste	0,009	0,02	235,6	259,16	200	

Tabla 4.17. Cálculo de diámetros de las bajantes por medio del método tabular.

#### COLECTORES.

Para dimensionar los colectores, se ha tenido en cuenta la **Tabla 4.9. del DB HS5**, obteniendo los siguientes resultados:

I (mm/h)		110		PLUVIALES			
Tramo	Información tramo		Método UD				
	n	s	Q (l/s)	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>corr</sub> (m <sup>2</sup> )	DN	
COLECTOR	Sup. Hztal. (cualquiera)	0,009	0,03	4,07	133,1	146,41	90
	Sup. Hztal. 2 + 3 aulas paño centro	0,009	0,03	11,31	370,3	407,33	200
	Sup. Hztal. 3+4+5	0,009	0,03	12,20	399,3	439,23	125
	Sup. Hztal. 3+4+5 + 3 aulas paño oeste	0,009	0,03	19,40	634,9	698,39	200
	Sup. Hztal. 3+4+5 +6+ 3 aulas paño oeste	0,009	0,03	23,47	768	844,8	200
	Paño oeste comedor	0,009	0,03	6,03	197,5	217,25	200
	Paño este comedor	0,009	0,03	4,48	146,6	161,26	160
	Paño oeste comedor+ Paño este comedor	0,009	0,03	10,51	344,1	378,51	200
	Paño oeste comedor+ Paño este comedor+ Sup. Hztal. 7	0,009	0,03	14,58	477,2	524,92	200
	Sup. Hztal. 1 + 3 aulas	0,009	0,03	12,30	402,4	442,64	200
	Sup. Hztal. 1+2 + 6 aulas	0,009	0,03	23,61	772,7	849,97	200
	Sup. Hztal. 1+2+3+4+5+6 + 9 aulas	0,009	0,03	47,08	1540,7	1694,77	200
	Acometida	0,009	0,03	61,66	2017,9	2219,69	250

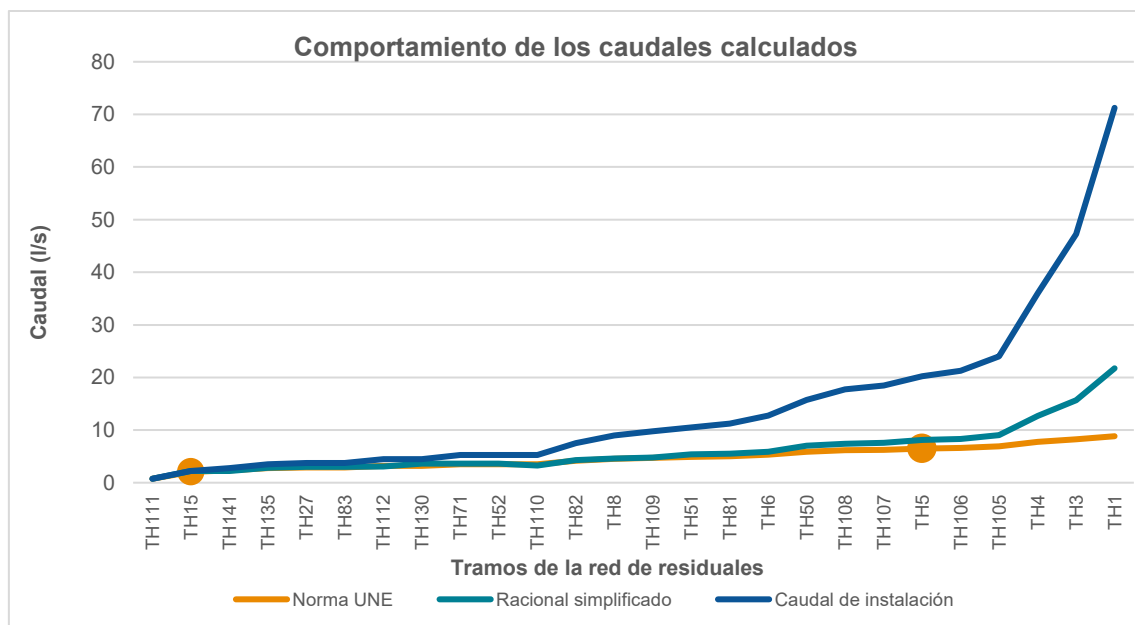
Tabla 4.18. Cálculo de diámetros de los colectores por medio del método tabular.

#### 4.6. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO

En este apartado se realizará, a modo de conclusión de la red de evacuación de aguas, una comparativa de todos los métodos expuestos anteriormente. Para ello, el apartado se dividirá en dos partes, uno para la evacuación de aguas residuales y otro para la de pluviales. En la red de aguas residuales se realizarán dos comparativas diferenciadas. En una, se evaluarán los caudales de diseño obtenidos mediante la Norma UNE 149201:2017 y el método racional simplificado con  $\alpha = 4$ . (enseñanza, cuarteles). Una vez obtengamos una conclusión de qué método es más conveniente para diseñar y dimensionar la red de saneamiento del edificio, se realizará una comparativa del uso de fórmulas para el dimensionado (método no normativo) y el método tabular que describe el DB HS5 del CTE.

##### 4.6.1. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.

A modo introductorio, antes de comparar los resultados obtenidos en el caso práctico, se realiza un análisis del comportamiento general de los dos métodos aplicados en la red de residuales: **la Norma UNE 149201:2017 y el método racional simplificado con  $\alpha = 4$** . métodos, lo cual sirve de base para interpretar posteriormente los resultados obtenidos en los distintos tramos de la red:



Gráfica 4.1. Comportamiento de los caudales simultáneos calculados.

La Norma UNE 149201:2017 presenta una evolución del caudal simultáneo que depende de tres ecuaciones distintas que actúan por tramos. En la **Gráfica 4.1.**, los puntos que se muestran, son los cambios de cálculo de la norma. Este detalle es clave para comprender su comportamiento:

- En el primer tramo, **para caudales menores de 1,5 l/s**, la evolución del caudal simultáneo tiene los mismos valores que el caudal instalado.
- En el segundo tramo, **para caudales entre 1,5 y 20 l/s**, según el comportamiento de la norma, conforme va creciendo el caudal de la instalación, el caudal simultáneo va creciendo cada vez menos.
- Para caudales **mayores que 20 l/s**, la simultaneidad que aplica la norma crece muy lentamente respecto al caudal de instalación. Este aspecto provoca diferencias muy grandes en los colectores principales, donde el caudal simultáneo es notablemente inferior al caudal real instalado.

En cambio, el método racional simplificado presenta un comportamiento diferente. Al depender del coeficiente de simultaneidad  $k$ , conforme aumenta el caudal instalado el caudal de diseño también disminuye, pero manteniendo una proporcionalidad más marcada entre ambos. Esto hace que la relación  $Q_{inst}-Q_d$  sea más progresiva y menos restrictiva que en la UNE.

En conjunto, mientras la UNE presenta un comportamiento matemático fragmentado y cada vez más restrictivo a medida que crece la instalación, el método racional simplificado ofrece una evolución continua y más representativa del funcionamiento real de una red como la de una escuela infantil, **evitando infradimensiones críticas** en tramos como la acometida.

A continuación, se presenta, en la **Tabla 4.21.**, la comparativa en la que se recogen los caudales de diseño obtenidos mediante los dos métodos aplicados:

		MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO					NORMA UNE 149201:2017				
Tramo		DN	$Q_{INST}$ (l/s)	Nº aparatos	$Q_d$ (l/s)	Dif.	DN	$Q_{INST}$ (l/s)	Nº aparatos	$Q_d$ (l/s)	Dif.
Acometida 1	Baños zona norte	PVC 110	9	8	4,61	4,39	PVC 110	9	8	4,553	4,45
	1 aula (sin bañera)	PVC 110	3,75	3	3,01	0,74	PVC 110	3,75	3	2,877	0,87
	2 aulas (sin bañera)	PVC 110	7,5	6	4,29	3,21	PVC 110	7,5	6	4,171	3,33
	3 aulas (sin bañera)	PVC 110	11,25	9	5,52	5,73	PVC 125	11,25	9	5,048	6,20
	1 aula	PVC 110	5,25	4	3,60	1,65	PVC 110	5,25	4	3,475	1,78
	2 aulas	PVC 110	10,5	8	5,37	5,13	PVC 110	10,5	8	4,892	5,61
	3 aulas	PVC 125	15,75	12	7,03	8,72	PVC 125	15,75	12	5,852	9,90
	Baños zona norte + 1 aula	PVC 125	12,75	11	5,85	6,90	PVC 110	12,75	11	5,339	7,41
	Baños zona norte + 3 aulas	PVC 125	20,25	17	8,15	12,10	PVC 125	20,25	17	6,500	13,75
	Baños zona norte + 6 aulas	PVC 160	36	29	12,68	23,32	PVC 125	36	29	7,750	28,25
Baños zona norte + 9 aulas	PVC 200	47,25	38	15,70	31,55	PVC 125	47,25	38	8,227	39,02	
Acometida 2	1 Baño comedor+ 1 zona limpieza	PVC 110	5,25	5	3,25	2,00	PVC 110	5,25	5	3,475	1,78
	2 Baños comedor + 1 zona limpieza	PVC 110	9,75	9	4,78	4,97	PVC 110	9,75	9	4,727	5,02
	Baños comedor + zona lavado + cocina	PVC 125	17,75	15	7,40	10,35	PVC 125	17,75	15	6,156	11,59
	Baños + lavado + cocina + limpieza	PVC 125	18,5	16	7,58	10,92	PVC 125	18,5	16	6,264	12,24

MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO						NORMA UNE 149201:2017				
Tramo	DN	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	Q <sub>d</sub> (l/s)	Dif.	DN	Q <sub>INST</sub> (l/s)	Nº aparatos	Q <sub>d</sub> (l/s)	Dif.
Baños + lavado + cocina + limpieza + 1 vestuario	PVC 125	21,25	19	8,30	12,95	PVC 125	21,25	19	6,619	14,63
Baños + lavado + cocina + limpieza + 2 vestuarios	PVC 160	24	22	9,03	14,97	PVC 125	24	22	6,907	17,09
Acometida	PVC 200	71,25	60	21,74	48,34	PVC 160	71,25	60	8,834	60,94

Tabla 4.19. Diferencia promedio en los caudales obtenidos por las distintas normas para la red de colectores.

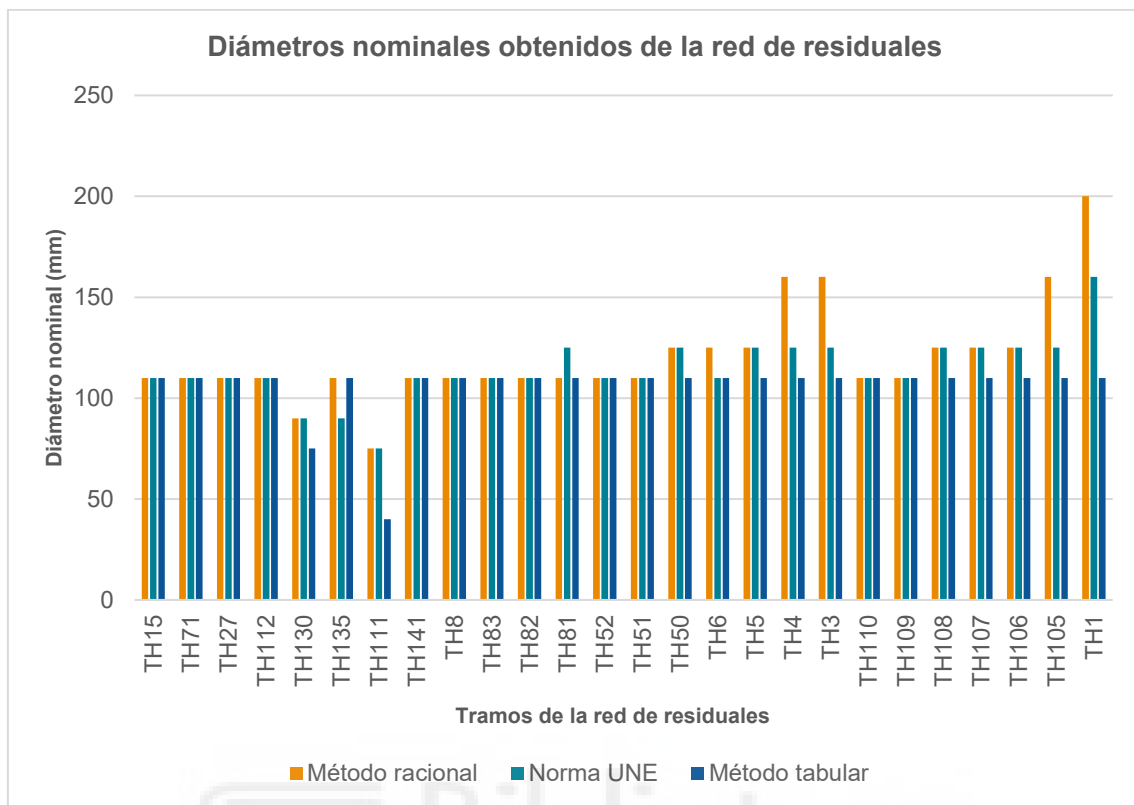
Si se analiza la acometida, donde el caudal instalado alcanza 71,25 l/s, se observa una diferencia muy significativa entre ambos métodos: el método racional simplificado proporciona un caudal de diseño de 21,74 l/s, mientras que la UNE 149201:2017 reduce este valor hasta 8,834 l/s. Esta discrepancia tan elevada pone de manifiesto que la **norma UNE no resulta adecuada para el dimensionado de caudales en saneamiento**, ya que, al tratarse de una norma desarrollada para fontanería, tiende a infraestimar el caudal simultáneo en los tramos principales de la red.

#### 4.6.2. COMPARATIVA DE LOS DIÁMETROS OBTENIDOS.

En este apartado se realizará una comparativa de los distintos métodos de cálculo empleados en el dimensionado de la red de saneamiento del edificio. Dado que las metodologías aplicadas no son las mismas para la red de aguas residuales y para la red de pluviales, el análisis se ha dividido en dos partes diferenciadas. En primer lugar, se estudiarán los resultados obtenidos en la red de residuales y, posteriormente, se analizarán los correspondientes a la red de pluviales, permitiendo así evaluar de forma clara y estructurada el comportamiento de cada método en función de la tipología de caudal considerada.

##### 4.6.2.1. RED DE AGUAS RESIDUALES

En la **Gráfica 4.2.** se muestran los diámetros nominales obtenidos en cada tramo de la red de aguas residuales mediante los tres métodos analizados: método racional simplificado, Norma UNE 149201:2017 y método tabular del DB HS5. La representación conjunta permite apreciar con claridad que cada metodología ofrece resultados significativamente diferentes, especialmente en los tramos con mayor caudal instalado:



Gráfica 4.2. Comparativa de los diámetros obtenidos por cada método de cálculo.

**El método racional simplificado es el que tiende a dar los diámetros más altos**, algo lógico si se tiene en cuenta que es también el que calcula los caudales simultáneos más elevados. Esto se nota especialmente en los últimos tramos de la instalación y en la acometida, donde asigna diámetros mayores porque tiene en cuenta la posibilidad de que se produzcan descargas simultáneas en un centro educativo.

En cambio, la Norma UNE 149201:2017, al ser una norma pensada para fontanería y no para saneamiento, acaba infradimensionando el caudal simultáneo. Esto se traduce directamente en diámetros más pequeños a lo largo de toda la red. El caso más claro vuelve a ser la acometida: para un caudal instalado de 71,25 l/s, la UNE obtiene un diámetro de 160 mm, siendo bajo si se tienen en cuenta las condiciones reales de funcionamiento del edificio. Este comportamiento confirma que la UNE no es un método adecuado para dimensionar redes de evacuación.

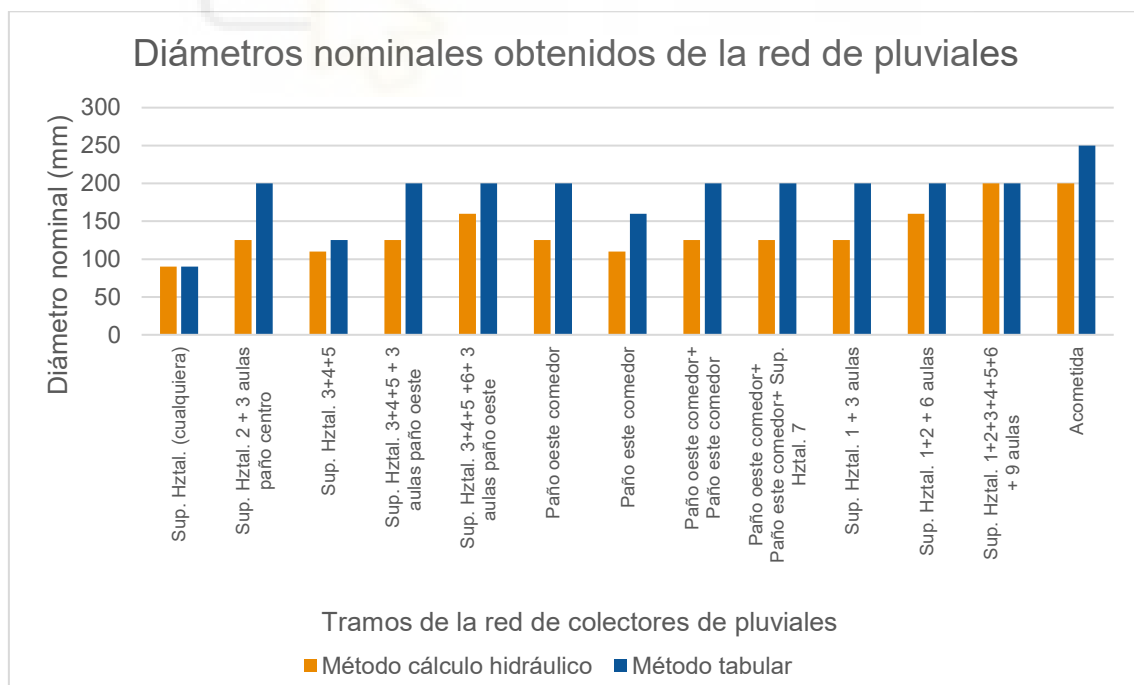
Por su parte, el método tabular es el que arroja los diámetros más bajos de los tres, incluso por debajo de los de la UNE en algunos tramos. En la acometida, el

método tabular propone un diámetro de solo 110 mm, un valor completamente insuficiente para un tramo principal de este tipo. Esto demuestra que el método tabular no es adecuado para modelar redes de residuales complejas, ya que su planteamiento es demasiado simplificado y no refleja el comportamiento real de un edificio con numerosos aparatos descargando en momentos concretos.

En conjunto, la comparativa deja claro que el único método que mantiene una coherencia hidráulica en toda la red es el método racional simplificado, ya que proporciona diámetros acordes a los caudales que realmente pueden aparecer en un centro docente. La UNE y el método tabular dan diámetros insuficientes, aunque por razones distintas: la UNE porque subestima la simultaneidad al ser una norma de fontanería, y el tabular porque sus tablas no están pensadas para representar escenarios reales de descarga.

#### 4.6.2.2. RED DE AGUAS PLUVIALES.

En la gráfica se representan los diámetros nominales obtenidos en los distintos colectores de la red de pluviales mediante los dos métodos utilizados: **el método de cálculo hidráulico y el método tabular del DB HS5:**



Gráfica 4.3. Comparativa de los diámetros de los colectores obtenidos por los distintos métodos.

---

El método tabular tiende a dar diámetros notablemente superiores, lo que se debe a que el enfoque por tablas es muy conservador y no tiene en cuenta el comportamiento real de cada tramo. El problema principal aparece ya desde los canalones, donde el tabular sobredimensiona los diámetros, y este sobredimensionamiento se arrastra después hacia los tramos inferiores, afectando de manera directa al resto de la red. El resultado es una instalación con colectores muy por encima de las necesidades reales, lo que no tiene justificación técnica cuando se dispone de un cálculo hidráulico detallado.

Por el contrario, el cálculo hidráulico ofrece resultados mucho más ajustados y coherentes, ya que evalúa cada tramo en función de la superficie de aporte, el caudal resultante y las condiciones hidráulicas reales. Este método permite obtener diámetros racionales y adaptados a la instalación, sin inflar innecesariamente los colectores como ocurre con el método tabular.

En general, la comparativa pone de manifiesto que el método tabular sobredimensiona numerosos tramos de la red de pluviales, mientras que el cálculo hidráulico aporta un dimensionado más preciso y justificable técnicamente. En una instalación como la analizada, donde los colectores finales acumulan superficies importantes de cubierta, el uso del cálculo hidráulico resulta claramente más adecuado.

## 5. RED DE VENTILACIÓN

### 5.1. ASPECTOS GENERALES

La instalación de ventilación se diseña con el propósito de asegurar unas condiciones adecuadas de higiene y bienestar ambiental en todas las dependencias del edificio docente.

El proyecto se rige por lo establecido en el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**, en especial las **Instrucciones Técnicas IT 1.1.4.2.2 y IT 1.1.4.2.3**, que determinan las condiciones de calidad del aire interior, ventilación y requisitos higiénicos de las instalaciones térmicas.

La estructura del edificio, como se ha descrito anteriormente, está conformada por una única planta destinada a educación infantil, concentrando su ocupación en franjas horarias muy definidas, con una gran acumulación de personas en aulas y comedor principalmente. Por este motivo, la ventilación natural no resulta suficiente para garantizar una renovación de aire constante. Además, **RITE**, en este tipo de edificios terciarios, obliga a disponer de un sistema de ventilación mecánica para con la finalidad de evitar la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.

Es por ello, que se opta por el diseño de un sistema mecánico de impulsión y extracción que asegure una calidad de aire interior estable durante todo el horario en el que se desarrollen las distintas actividades.

Además de las exigencias higiénicas, la instalación se concibe con criterios de eficiencia energética, **incorporando unidades de ventilación con recuperador de calor** para reducir las pérdidas térmicas asociadas al intercambio de aire con el exterior.

En conjunto, la red de ventilación proyectada busca compatibilizar las necesidades de renovación de aire con un consumo energético moderado, una operación silenciosa y un mantenimiento sencillo, en línea con los objetivos del RITE en materia de salubridad, confort y sostenibilidad.

## 5.2. CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño de la instalación de ventilación se ha realizado siguiendo las prescripciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, en especial las **Instrucciones Técnicas IT 1.1.4.2.2 y IT 1.1.4.2.3**, donde se establecen los criterios relativos a la calidad del aire interior, ventilación e higiene.

El sistema proyectado tiene carácter mecánico, garantizando una ventilación controlada que proporcione aire exterior suficiente y una evacuación eficaz del aire viciado en las zonas de servicio.

El aire se impulsa en los recintos de ocupación prolongada (aulas, comedor, sala de profesores y despachos) y se extrae en los locales donde se generan contaminantes (aseos, cocina, vestuarios y cuartos de limpieza).

De este modo, se asegura un flujo de aire dirigido desde las zonas limpias hacia las zonas sucias, evitando la propagación de olores o contaminantes, en cumplimiento del artículo 11 del RITE relativo al bienestar e higiene.

Los principales criterios adoptados en el diseño son los siguientes:

- **Aportación y extracción de aire exterior.** La instalación garantiza un caudal suficiente de aire exterior, filtrado y distribuido por los conductos de impulsión hasta los locales de permanencia. La extracción se concentra en las zonas húmedas o con generación de olores, asegurando una renovación constante y una calidad del aire interior adecuada. No se permite la recirculación del aire procedente de cocinas, aseos o locales técnicos, de acuerdo con lo indicado en la **IT 1.1.4.2.3.2**.
- **Dirección del flujo de aire y equilibrio de presiones.** Se mantiene una ligera sobrepresión en los espacios docentes y una depresión en los locales de servicio, garantizando que el aire fluya hacia las zonas de extracción. Este equilibrio reduce la transferencia de contaminantes entre recintos y contribuye al cumplimiento de las exigencias higiénicas establecidas por el RITE.
- **Método de dimensionado de conductos.** El dimensionado de la red de conductos se desarrolla con el programa **CYPEHVAC**, siguiendo dos

criterios teóricos de referencia empleados habitualmente en ventilación, el método de velocidad constante y de rozamiento constante. Sin embargo, debe señalarse que el software no permite aplicar estos métodos de forma estricta, ya que el dimensionado no mantiene una velocidad ni una pérdida de carga constantes en toda la red. En su lugar, el programa utiliza los valores introducidos por el proyectista como límites máximos de diseño, ajustando los diámetros de cada tramo para que no se superen dichas condiciones.

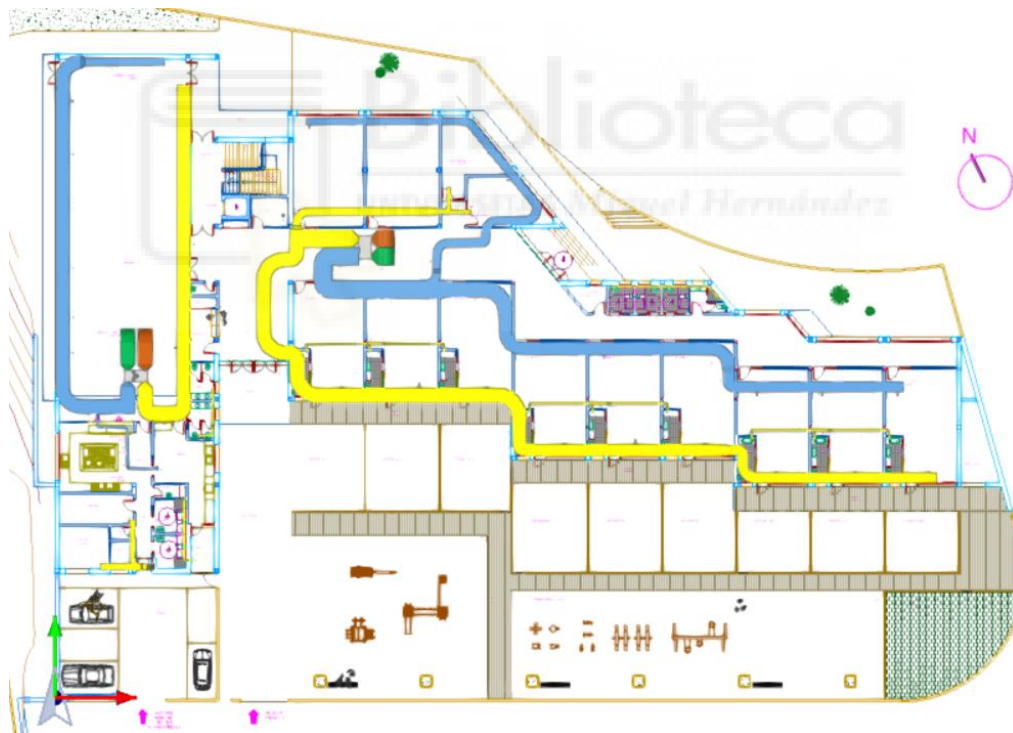
Con el fin de aproximarse a los métodos tradicionales y poder realizar una comparativa entre ambos criterios, se adoptan los siguientes valores de referencia:

- **Velocidad máxima de 5 m/s.** Se fija este límite para reproducir el comportamiento del método de velocidad constante, garantizando velocidades moderadas que reduzcan el ruido y las pérdidas excesivas.
- **Pérdida de carga máxima de 1 Pa/m.** Este valor permite aproximarse al método de rozamiento constante, limitando la pérdida lineal por metro de conducto y favoreciendo una red equilibrada con menores requerimientos de presión en los ventiladores.
  - **Configuración de los tramos de ventilación.** Debido a los altos caudales de ventilación que requiere el edificio (descritos en el **apartado 5.3. Cálculo de caudales**) y a la extensa distribución horizontal de las estancias, se ha dividido la instalación en dos tramos principales:
    - **Tramo 1. Zona docente:** engloba las aulas, salas de profesores y estancias que presentan una ocupación elevada y continua. Este tramo se alimenta mediante un recuperador de calor, tal y como exige la normativa, el cual discurre horizontalmente por el falso techo y distribuye el aire hacia cada estancia.
    - **Tramo 2. Zona de servicios:** abarca el comedor y la zona de lavado. Estas dependencias se ventilan también a través de un recuperador de calor.
    - **Tramo 3. Zonas de extracción independiente.** Tanto **la cocina. cuartos de basura y aseos** deben disponer de una red independiente según lo

establecido en **el artículo 11.2. del RITE**, el cual prohíbe la recirculación de aire procedente de locales sucios.

**Otras estancias donde la ocupación sea mínima o nula**, como cuartos técnicos, despensas o salas de máquinas, se ha optado por disponer una única red de extracción que agrupa estas dependencias. El aporte de aire se realizará por medio de los caudales de aire impulsados por ambos recuperadores, con el fin de que haya un equilibrio de caudales entre la impulsión y la extracción de los mismos.

A continuación, se muestra una imagen con el diseño de la red de ventilación del edificio (**Ilustración 5.1.**). Las redes de color **amarillo** corresponden a las redes de extracción de aire, mientras que las **azules** corresponden a la impulsión. Para mayor detalle consultar el **Anexo Planos**:



*Ilustración 5.1. Plano de la instalación de ventilación del edificio*

### 5.3. CÁLCULO DE CAUDALES.

El dimensionado de los caudales de ventilación se ha realizado a partir de los criterios establecidos en el RITE (IT 1.1.4.2.2 “Calidad del aire interior”) y en la norma UNE-EN 13779, con el objetivo de garantizar una calidad del aire interior adecuada en todos los recintos del edificio docente.

- **Cálculo de caudal por medio del método indirecto de caudal de aire exterior por persona.** Este método consiste en determinar el caudal de aire exterior necesario en función del número de ocupantes y del uso del local, es decir, mediante el caudal de aire exterior por persona. A continuación, se introducen los parámetros necesarios para el cálculo de caudales:
- **Calidad del aire interior.** La calidad del aire interior (IDA) se define como el grado en que el aire de los espacios interiores es saludable, confortable y adecuado para la respiración humana, sin concentraciones excesivas de contaminantes ni olores desagradables. Esta se clasifica en distintos niveles en función del uso de las estancias (**Tabla 5.1.**):

Clasificación	Uso del edificio
<b>IDA 1 (aire de óptima calidad)</b>	Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
<b>IDA 2 (aire de buena calidad)</b>	Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
<b>IDA 3 (aire de calidad media)</b>	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
<b>IDA 4 (aire de calidad baja)</b>	-

*Tabla 5.1. Clasificación de la calidad de aire según RITE.*

En el caso del edificio objeto del proyecto, se clasificará como IDA 2, aire de buena calidad, aunque la cocina se establecerá como un IDA 3. Este parámetro indica el caudal de aire exterior necesario en función de la calidad del mismo, donde el RITE asigna a cada IDA un Caudal mínimo de aire exterior por persona (**Tabla 5.2.**):

Categoría	L/seg. Por persona para una actividad metabólica de 1,2 mets
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 5.2. Caudales por categoría de calidad de aire.

- **Tasa metabólica.** Otro parámetro influyente en el cálculo de caudales de ventilación es la tasa metabólica. La tasa metabólica (M) representa la cantidad de energía que un individuo genera por unidad de superficie corporal como consecuencia de su actividad física y su metabolismo interno. Este parámetro se expresa en met (metabolic equivalent of task), donde **1 met equivale a 58,15 W/m<sup>2</sup>**, valor correspondiente a una persona en reposo, sentada y en condiciones térmicas neutras.

El metabolismo humano se traduce en una producción de calor sensible y latente y en la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al ambiente interior. Por tanto, a mayor tasa metabólica, mayor será la concentración de CO<sub>2</sub> generada en el local y, en consecuencia, mayor deberá ser el caudal de aire exterior introducido para mantener una calidad del aire interior aceptable.

Por este motivo, **en el presente proyecto se ha adoptado una tasa metabólica de 2,5 met** en las aulas y en el comedor, mientras que en los espacios destinados a personal docente o técnico se ha considerado 1,2 met, correspondiente a una actividad sedentaria ligera.

- **Número de personas que ocupan los distintos espacios.** Este parámetro representa el número máximo de ocupantes previstos en cada estancia en condiciones normales de uso. De esta manera, el caudal de ventilación de cada estancia se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_{est.} = N * Q_p.$$

Siendo N el número de personas que ocupa la estancia y Q<sub>p</sub> será el caudal mínimo de aire exterior necesario según los mets considerados.

- **Cálculo de caudal de extracción.**

En los locales destinados a **almacenes, aseos, cuartos de limpieza y basuras** se instalará una red de extracción de aire que asegure la calidad

interior del aire en estos recintos, evitando la acumulación de olores y humedad.

Para el caso de los aseos, el RITE únicamente especifica, en su Instrucción Técnica IT 1.1.4.2.3 “Ventilación e higiene”, un valor genérico de  $2 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$  ( $2 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$ ) para los locales de servicio.

No obstante, **este valor se ha considerado insuficiente para los aseos**, ya que no tiene en cuenta la presencia ni el número de aparatos sanitarios, ni la frecuencia de uso del recinto.

Por ello, se adopta el criterio **más representativo establecido en la norma UNE 13779:2008**, que fija un caudal de 15 L/s por inodoro o urinario, garantizando así una ventilación eficaz que asegure una adecuada evacuación de olores y contaminantes.

Por tanto, para el presente proyecto se aplican los siguientes criterios diferenciados:

- **Aseos y vestuarios:** según la UNE 13779, con una extracción de 15 L/s por aparato sanitario.
- **Locales de servicio**, cuartos de limpieza y almacenes: según el RITE, con una ventilación de  $2 \text{ dm}^3/\text{s}$  por metro cuadrado de superficie útil.

Una vez introducidos todos los parámetros necesarios para el cálculo de los caudales necesarios, a continuación, en la siguiente tabla, se muestran los caudales calculados para cada una de las estancias, y divididos según la red a la que pertenecen (**Tabla 5.3.**):

RED 1	IDA	Nº	N personas	TM	Q/estancia (l/s)	Q total (l/s)
<b>Aire exterior requerido</b>						
<b>Aula grande</b>	2,00	9,00	20,00	2,50	520,83	4.687,50
<b>Aula mediana</b>	2,00	2,00	15,00	2,50	390,63	781,25
<b>Aula pequeña</b>	2,00	1,00	10,00	2,50	260,42	260,42
<b>Sala docente</b>	2,00	1,00	10,00	1,20	125,00	125,00
						<b>5.854,17</b>
RED 2	IDA	Nº	N personas	TM	Q/estancia (l/s)	Q total (l/s)
<b>Aire exterior requerido (IDA)</b>						
<b>Comedor</b>	2,00	1,00	125,00	2,50	3.255,21	3.255,21
<b>Lavado</b>	2,00	1,00	4,00	1,20	50,00	50,00
<b>Cocina</b>	3,00	1,00	6,00	1,20	48,00	48,00
						<b>3.353,21</b>

ASEOS Y VESTUARIOS	Nº	Ninodoros	Q/in.	Q (l/s)	Qttotal (m3/h)
Vest. Pers.	2,00	1,00	15,00	15,00	30,00
Aseo comedor	2,00	2,00	15,00	30,00	60,00
Aseos norte	4,00	2,00	15,00	30,00	120,00
Aseos aulas	9,00	1,00	15,00	15,00	135,00

Locales de servicio	Área	Q(l/s)
Cuarto de basuras	7,63	16,00
Cuarto de basuras 2	7,63	16,00
Despensa	210,00	420,00
Agua y gas	197,25	395,00
Grupo electrógeno	60,00	120,00
CGD	30,36	61,00

Tabla 5.3. Caudales de ventilación obtenidos de las estancias.

#### 5.4. CÁLCULO DE DIÁMETROS.

Como se ha comentado en el apartado 5.2. **Criterios de diseño**, se han empleado dos métodos para el dimensionado de la red de ventilación, el método de velocidad constante (en nuestro caso será un criterio de velocidad máxima en conductos) y el método de rozamiento constante (en nuestro caso se ha utilizado un valor de pendiente hidráulica de 1 Pa/m).

- **Método de velocidad constante.** Este método, conocido los caudales de ventilación y fijando el criterio de velocidad, es posible determinar la sección o área de cada tramo de conducto:

$$S = \frac{Q}{v}$$

- **Método de rozamiento constante.** Conocida la pendiente hidráulica y el caudal que circula por cada tramo:

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{8 * \lambda * \rho * Q^2}{\pi^2 * D_{eq}^5}$$

Donde:

$$\lambda = \lambda\left(\frac{4 * Q}{\pi * D_{eq} * v}, \frac{\epsilon}{D_{eq}}\right)$$

$$D_{eq} = 1,3 * \frac{(b * h)^{0,625}}{(b + h)^{0,25}}$$

## 5.5. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por el software CypeHVAC con el uso de ambos métodos. Antes, se compararán en el dimensionado por método de velocidad constante los resultados obtenidos tanto por el software como los obtenidos manualmente con el fin de corroborar los resultados obtenidos.

### 5.5.1. MÉTODO DE VELOCIDAD CONSTANTE (VELOCIDAD MÁXIMA)

En este apartado se describirán los resultados obtenidos de los distintos elementos que componen la instalación de ventilación del edificio objeto del proyecto, los cuales son los conductos, las uniones y transiciones y los equipos seleccionados.

#### 5.5.1.1. CONDUCTOS

Antes de mostrar los resultados de toda la red, se mostrarán los conductos dimensionados por CYPEHVAC y los cálculos a mano realizados con el fin de corroborar los resultados obtenidos de la instalación. Para ello, se muestran los tramos de los conductos de cada instalación

- **Cálculos obtenidos manualmente:**

En la siguiente tabla (**Tabla 5.4.**) se muestra los resultados de los conductos obtenidos por medio de cálculos manuales:

Generador 1											
Sección	Q (l/s)	L (m)	b (mm)	h (mm)	D <sub>eq</sub> (mm)	v (m/s)	Re	ε/D	λ	Δp <sub>f</sub> (Pa)	j (Pa/m)
D13	260,42	1,48	300	225	283,28	<b>3,86</b>	77.382,10	0,00071	0,02	1,16	0,79
D14	385,42	0,57	350	275	338,53	<b>4,00</b>	95.834,09	0,00059	0,02	0,38	0,67
D34	1.166,68	10,81	650	450	588,74	<b>3,99</b>	166.806,31	0,00034	0,02	3,69	0,34
D128	1.166,68	0,25	650	450	588,74	<b>3,99</b>	166.806,31	0,00034	0,02	0,09	0,34
D10	5.854,15	4,04	1.500	1.000	1.332,03	<b>3,90</b>	369.941,48	0,00015	0,02	0,49	0,12
D157	5.854,15	0,30	1.500	1.000	1.332,03	<b>3,90</b>	369.941,48	0,00015	0,02	0,04	0,12
D163	5.854,15	0,59	1.500	1.000	1.332,03	<b>3,90</b>	369.941,48	0,00015	0,02	0,07	0,12
D28	1.562,49	15,27	800	500	686,67	<b>3,91</b>	191.538,82	0,00029	0,02	4,20	0,27
D15	1.562,49	0,74	800	500	686,67	<b>3,91</b>	191.538,82	0,00029	0,02	0,20	0,27
D16	1.562,49	0,80	800	500	686,67	<b>3,91</b>	191.538,82	0,00029	0,02	0,22	0,27
D26	3.124,98	15,66	1.000	800	976,24	<b>3,91</b>	269.448,24	0,00020	0,02	2,75	0,18
D25	3.124,98	0,99	1.000	800	976,24	<b>3,91</b>	269.448,24	0,00020	0,02	0,17	0,18
D24	4.687,47	15,26	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	2,09	0,14
D32	4.687,47	1,08	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	0,15	0,14
D29	4.687,47	0,26	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	0,04	0,14
D31	4.687,47	3,12	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	0,43	0,14
D33	4.687,47	0,26	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	0,04	0,14
D36	4.687,47	1,60	1.200	1.000	1.196,26	<b>3,91</b>	329.835,29	0,00017	0,02	0,22	0,14
D51	125,00	1,25	250	125	190,42	<b>4,00</b>	55.255,79	0,00105	0,02	1,81	1,44
D166	6.125,15	1,10	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,13	0,12
D167	6.125,15	0,30	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,04	0,12
D159	6.125,15	1,02	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,13	0,12
D11	6.125,15	1,21	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,15	0,12
D35	6.125,15	1,38	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,17	0,12
D8	6.125,15	8,00	1.400	1.100	1.354,13	<b>3,98</b>	380.752,27	0,00015	0,02	0,98	0,12
D70	1.182,68	1,42	600	500	598,13	<b>3,94</b>	166.439,29	0,00033	0,02	0,46	0,32
D71	1.182,68	2,35	600	500	598,13	<b>3,94</b>	166.439,29	0,00033	0,02	0,76	0,32
D17	1.182,68	0,11	600	500	598,13	<b>3,94</b>	166.439,29	0,00033	0,02	0,04	0,32
D42	1.182,68	2,61	600	500	598,13	<b>3,94</b>	166.439,29	0,00033	0,02	0,85	0,32
D43	1.182,68	8,53	600	500	598,13	<b>3,94</b>	166.439,29	0,00033	0,02	2,76	0,32

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D44	789,26	13,12	500	400	488,12	<b>3,95</b>	136.106,29	0,00041	0,02	5,47	0,42
D8	3.870,81	3,26	1.100	900	1.086,32	<b>3,91</b>	299.935,99	0,00018	0,02	0,50	0,15
D7	3.334,98	1,19	1.200	700	992,95	<b>3,97</b>	282.714,64	0,00020	0,02	0,22	0,18
D6	3.334,98	15,35	1.200	700	992,95	<b>3,97</b>	282.714,64	0,00020	0,02	2,80	0,18
D5	1.667,49	0,12	700	600	707,93	<b>3,97</b>	198.271,13	0,00028	0,02	0,03	0,27
D4	1.667,49	14,46	700	600	707,93	<b>3,97</b>	198.271,13	0,00028	0,02	3,86	0,27
<b>Generador 2</b>											
D127	4.455,20	0,38	1.400	800	1.145,77	<b>3,98</b>	327.305,15	0,00017	0,02	0,06	0,15
D132	4.455,20	2,24	1.400	800	1.145,77	<b>3,98</b>	327.305,15	0,00017	0,02	0,35	0,15
D9	4.455,20	0,80	1.400	800	1.145,77	<b>3,98</b>	327.305,15	0,00017	0,02	0,12	0,15
D120	4.455,20	1,59	1.400	800	1.145,77	<b>3,98</b>	327.305,15	0,00017	0,02	0,25	0,15
D120	4.405,20	0,71	1.100	1.000	1.146,20	<b>4,00</b>	323.512,64	0,00017	0,02	0,11	0,15
D3	4.405,20	25,94	1.100	1.000	1.146,20	<b>4,00</b>	323.512,64	0,00017	0,02	3,92	0,15
D2	1.101,30	6,77	550	500	573,10	<b>4,00</b>	161.756,32	0,00035	0,02	2,37	0,35
D174	50,00	0,36	125	100	122,03	<b>4,00</b>	34.489,60	0,00164	0,03	0,87	2,41
D175	50,00	2,15	125	100	122,03	<b>4,00</b>	34.489,60	0,00164	0,03	5,19	2,41
D160	50,00	3,13	125	100	122,03	<b>4,00</b>	34.489,60	0,00164	0,03	7,55	2,41
D168	50,00	2,05	125	100	122,03	<b>4,00</b>	34.489,60	0,00164	0,03	4,95	2,41
D103	3.255,23	27,04	1.100	750	988,40	<b>3,95</b>	277.224,82	0,00020	0,02	4,83	0,18
D84	3.305,23	2,00	1.200	700	992,95	<b>3,93</b>	280.192,66	0,00020	0,02	0,36	0,18
D73	3.305,23	1,62	1.200	700	992,95	<b>3,93</b>	280.192,66	0,00020	0,02	0,29	0,18
D139	3.305,23	1,71	1.200	700	992,95	<b>3,93</b>	280.192,66	0,00020	0,02	0,31	0,18
D141	3.305,23	0,35	1.200	700	992,95	<b>3,93</b>	280.192,66	0,00	0,02	0,06	0,18
<b>Aseos norte</b>											
D186	45,00	6,27	125	100	122,03	<b>3,60</b>	31.040,64	0,00164	0,03	12,43	1,98
D187	60,00	0,12	150	100	133,20	<b>4,00</b>	37.915,82	0,00150	0,03	0,26	2,19
D188	60,00	0,31	150	100	133,20	<b>4,00</b>	37.915,82	0,00150	0,03	0,68	2,19
D203	15,00	1,41	100	100	109,32	<b>1,50</b>	11.550,21	0,00183	0,03	0,65	0,46
D192	15,00	1,36	100	100	109,32	<b>1,50</b>	11.550,21	0,00183	0,03	0,62	0,46
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Despensas y Grupo Electrónico</b>											
D91	481,00	2,62	350	350	382,61	<b>3,93</b>	105.821,95	0,00052	0,02	1,45	0,55
D97	996,00	0,24	500	500	546,58	<b>3,98</b>	153.386,82	0,00037	0,02	0,09	0,37
D153	996,00	0,36	500	500	546,58	<b>3,98</b>	153.386,82	0,00037	0,02	0,13	0,37
D161	996,00	1,70	500	500	546,58	<b>3,98</b>	153.386,82	0,00037	0,02	0,62	0,37
D102	515,00	1,79	450	300	399,61	<b>3,81</b>	108.481,37	0,00050	0,02	0,91	0,51
<b>Vestuario personal y cuarto de basuras</b>											
D101	16,00	0,46	100	100	109,32	<b>1,60</b>	12.320,23	0,00183	0,03	0,24	0,51
D76	46,00	4,92	125	100	122,03	<b>3,68</b>	31.730,43	0,00164	0,03	10,16	2,07
D93	46,00	1,73	125	100	122,03	<b>3,68</b>	31.730,43	0,00164	0,03	3,57	2,07
D113	46,00	0,78	125	100	122,03	<b>3,68</b>	31.730,43	0,00164	0,03	1,61	2,07
<b>Aseos aulas</b>											
D154	30,00	0,52	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	0,84	1,62
D155	30,00	5,01	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	8,11	1,62
D186	60,00	0,96	150	100	133,20	<b>4,00</b>	37.915,82	0,00150	0,03	2,10	2,19
D187	90,00	0,54	150	150	163,97	<b>4,00</b>	46.200,85	0,00122	0,03	0,89	1,65
D188	90,00	0,26	150	150	163,97	<b>4,00</b>	46.200,85	0,00122	0,03	0,43	1,65
D191	30,00	0,52	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	0,84	1,62
D192	30,00	4,53	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	7,33	1,62
D194	30,00	0,47	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	0,76	1,62
<b>Cuarto de basuras</b>											
D149	16,00	0,58	100	100	109,32	<b>1,60</b>	12.320,23	0,00183	0,03	0,30	0,51
D22	16,00	0,10	100	100	109,32	<b>1,60</b>	12.320,23	0,00183	0,03	0,05	0,51
<b>Aseos comedor</b>											
D115	30,00	2,95	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	4,77	1,62
D143	60,00	0,92	150	100	133,20	<b>4,00</b>	37.915,82	0,00150	0,03	2,01	2,19
D144	60,00	0,24	150	100	133,20	<b>4,00</b>	37.915,82	0,00150	0,03	0,53	2,19
D82	30,00	0,93	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	1,50	1,62
D92	30,00	0,35	100	100	109,32	<b>3,00</b>	23.100,43	0,00183	0,03	0,57	1,62
<b>Cocina</b>											
D143	48,00	1,11	125	100	122,03	<b>3,84</b>	33.110,01	0,00164	0,03	2,48	2,24
D144	48,00	0,23	125	100	122,03	<b>3,84</b>	33.110,01	0,00164	0,03	0,51	2,24

Tabla 5.4. Cálculo de los conductos por medio del método de velocidad constante manuales.

- Cálculos obtenidos en CypeHVAC.

En la siguiente tabla (Tabla 5.5.) se muestran los resultados obtenidos, para los mismos tramos que los calculados manualmente, por el software **CYPEHVAC**.

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]
				Anchora	Altura					
				D13	Conducto rígido					
D14	Conducto rígido	385,42	339	350	275	4	0,57	0,671	0,38	-98,22
D34	Conducto rígido	1166,68	589	650	450	3,99	10,81	0,336	3,63	-107,05
D128	Conducto rígido	1166,68	589	650	450	3,99	0,25	0,336	0,08	-108,96
D10	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	4,04	0,121	0,49	-128,08
D157	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	0,3	0,121	0,04	197,94
D163	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	0,59	0,121	0,07	188,26
D28	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	15,27	0,271	4,13	-45,45
D15	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	0,74	0,271	0,2	-47,43

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

D16	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	0,8	0,271	0,22	-59,82
D26	Conducto rígido	3124,98	976	1000	800	3,91	15,66	0,174	2,72	-65,27
D25	Conducto rígido	3124,98	976	1000	800	3,91	0,99	0,174	0,17	-67,14
D24	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	15,26	0,135	2,07	-70,35
D32	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	1,08	0,135	0,15	-72,17
D29	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	0,26	0,135	0,04	-83,63
D31	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	3,12	0,135	0,42	-85,73
D33	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	0,26	0,135	0,04	-87,43
D36	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	1,6	0,135	0,22	-99,07
D51	Conducto rígido	125	190	250	125	4	1,25	1,443	1,8	-75,23
D166	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,1	0,121	0,13	-189,01
D167	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	0,3	0,121	0,04	-199,58
D159	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,02	0,121	0,12	152,87
D11	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,21	0,121	0,15	152,68
D35	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,38	0,121	0,17	140,49
D8	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	8	0,121	0,97	128,28
D70	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	1,42	0,319	0,45	122,51
D71	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	2,35	0,319	0,75	120,35
D17	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	0,11	0,319	0,03	117,9
D42	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	2,61	0,319	0,83	116,16
D43	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	8,53	0,319	2,72	113,29
D44	Conducto rígido	789,26	488	500	400	3,95	13,12	0,413	5,42	96,99
D8	Conducto rígido	3870,81	1086	1100	900	3,91	3,26	0,153	0,5	93,54
D7	Conducto rígido	3334,98	993	1200	700	3,97	1,19	0,18	0,21	91,65
D6	Conducto rígido	3334,98	993	1200	700	3,97	15,35	0,18	2,76	89,59
D5	Conducto rígido	1667,49	708	700	600	3,97	0,12	0,263	0,03	85,89
D4	Conducto rígido	1667,49	708	700	600	3,97	14,46	0,263	3,8	74,15
<b>Generador 2</b>										
D127	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	0,38	0,152	0,06	-182,89
D132	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	2,24	0,152	0,34	-192,97
D9	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	0,8	0,152	0,12	91,52
D120	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	1,59	0,152	0,24	79,5
D120	Conducto rígido	4405,2	1146	1100	1000	4	0,71	0,149	0,11	79,33
D3	Conducto rígido	4405,2	1146	1100	1000	4	25,94	0,149	3,87	77,53
D2	Conducto rígido	1101,3	573	550	500	4	6,77	0,345	2,33	71,92
D174	Conducto rígido	50	122	125	100	4	0,36	2,395	0,87	30,72
D175	Conducto rígido	50	122	125	100	4	2,15	2,395	5,16	28,07
D160	Conducto rígido	50	122	125	100	4	3,13	2,395	7,51	21,14
D168	Conducto rígido	50	122	125	100	4	2,05	2,395	4,92	11,85
D103	Conducto rígido	3255,23	988	1100	750	3,95	27,04	0,176	4,76	-69,86
D84	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	2	0,177	0,35	-82,35
D73	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	1,62	0,177	0,29	-95,13
D139	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	1,71	0,177	0,3	160,8
D141	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	0,35	0,177	0,06	159,15
<b>Aseos norte</b>										
D186	Conducto rígido	45	122	125	100	3,6	6,27	1,970	12,36	-21,83
D187	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,12	2,176	0,26	-26,23
D188	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,31	2,176	0,67	-28,33
D203	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,41	0,453	0,64	-10,11
D192	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,36	0,453	0,62	-10,88
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Despensa y Grupo Electrógeno</b>										
D91	Conducto rígido	481	383	350	350	3,93	2,62	0,551	1,44	-75,41
D97	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	0,24	0,363	0,09	-77,72
D153	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	0,36	0,363	0,13	-89,04
D161	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	1,7	0,363	0,62	-100,85
D102	Conducto rígido	515	400	450	300	3,81	1,79	0,505	0,9	-70,88
<b>Vestuario personal y cuarto de basuras</b>										
D101	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,46	0,509	0,24	-10,56
D76	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	4,92	2,052	10,09	-20,88
D93	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	1,73	2,052	3,56	-25,73
D113	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	0,78	2,052	1,6	-28,63
<b>Aseos aulas</b>										
D154	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,52	1,604	0,84	-19,91
D155	Conducto rígido	30	109	100	100	3	5,01	1,604	8,04	-28,86
D186	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,96	2,176	2,1	-31,42
D187	Conducto rígido	90	164	150	150	4	0,54	1,646	0,89	-34,68
D188	Conducto rígido	90	164	150	150	4	0,26	1,646	0,42	-36,73
D191	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,52	1,604	0,84	-19,91
D192	Conducto rígido	30	109	100	100	3	4,53	1,604	7,26	-28,08
D194	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,47	1,604	0,76	-19,83
<b>Cuarto de basuras</b>										
D149	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,58	0,509	0,3	-10,62
D22	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,1	0,509	0,05	-10,93
<b>Aseos comedor</b>										
D115	Conducto rígido	30	109	100	100	3	2,95	1,604	4,74	-23,81
D143	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,92	2,176	1,99	-26,67
D144	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,24	2,176	0,53	-28,64
D82	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,93	1,604	1,5	-20,57
D92	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,35	1,604	0,56	-22,04
<b>Cocina</b>										
D143	Conducto rígido	48	122	125	100	3,84	1,11	2,220	2,47	-31,37
D144	Conducto rígido	48	122	125	100	3,84	0,23	2,220	0,51	-33,29

Tabla 5.5. Cálculo de los conductos por medio del método de velocidad constante mediante software.

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Con el fin de analizar los resultados obtenidos por medio del software, a continuación, se muestra una tabla de diferencias con valores de velocidad y pérdida de presión lineal (**Tabla 5.6.**):

Tramo	Cype		Manual		Diferencias	
	v (m/s)	j (Pa/m)	v (m/s)	j (Pa/m)	v (m/s)	j (Pa/m)
<b>Generador 1</b>						
D13	3,86	0,79	3,86	0,79	0,00	0,00
D14	4,00	0,67	4,00	0,67	0,00	0,00
D34	3,99	0,34	3,99	0,34	0,00	-0,01
D128	3,99	0,34	3,99	0,34	0,00	-0,01
D10	3,90	0,12	3,90	0,12	0,00	0,00
D157	3,90	0,12	3,90	0,12	0,00	0,00
D163	3,90	0,12	3,90	0,12	0,00	0,00
D28	3,91	0,27	3,91	0,27	0,00	0,00
D15	3,91	0,27	3,91	0,27	0,00	0,00
D16	3,91	0,27	3,91	0,27	0,00	0,00
D26	3,91	0,17	3,91	0,18	0,00	0,00
D25	3,91	0,17	3,91	0,18	0,00	0,00
D24	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D32	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D29	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D31	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D33	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D36	3,91	0,14	3,91	0,14	0,00	0,00
D51	4,00	1,44	4,00	1,44	0,00	0,00
D166	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D167	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D159	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D11	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D35	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D8	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D70	3,94	0,32	3,94	0,32	0,00	0,00
D71	3,94	0,32	3,94	0,32	0,00	0,00
D17	3,94	0,32	3,94	0,32	0,00	0,00
D42	3,94	0,32	3,94	0,32	0,00	0,00
D43	3,94	0,32	3,94	0,32	0,00	0,00
D44	3,95	0,41	3,95	0,42	0,00	0,00
D8	3,98	0,12	3,98	0,12	0,00	0,00
D7	3,97	0,18	3,97	0,18	0,00	0,00
D6	3,97	0,18	3,97	0,18	0,00	0,00
D5	3,97	0,26	3,97	0,27	0,00	0,00
D4	3,97	0,26	3,97	0,27	0,00	0,00
<b>Generador 2</b>						
D127	3,98	0,15	3,98	0,15	0,00	0,00
D132	3,98	0,15	3,98	0,15	0,00	0,00
D9	3,98	0,15	3,98	0,15	0,00	0,00
D120	3,98	0,15	3,98	0,15	0,00	0,00
D120	3,98	0,15	3,98	0,15	0,00	0,00
D3	4,00	0,15	4,00	0,15	0,00	0,00
D2	4,00	0,35	4,00	0,35	0,00	-0,01
D174	4,00	2,40	4,00	2,41	0,00	-0,02
D175	4,00	2,40	4,00	2,41	0,00	-0,02
D160	4,00	2,40	4,00	2,41	0,00	-0,02
D168	4,00	2,40	4,00	2,41	0,00	-0,02
D103	3,95	0,18	3,95	0,18	0,00	0,00
D84	3,93	0,18	3,93	0,18	0,00	0,00
D73	3,93	0,18	3,93	0,18	0,00	0,00
D139	3,93	0,18	3,93	0,18	0,00	0,00
D141	3,93	0,18	3,93	0,18	0,00	0,00
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Despansay Grupo Electrónico</b>						
D186	3,60	1,97	3,60	1,98	0,00	-0,01
D187	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D188	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D203	1,50	0,45	1,50	0,46	0,00	-0,01
D192	1,50	0,45	1,50	0,46	0,00	-0,01
<b>Sur comedor</b>						
D91	3,93	0,55	3,93	0,55	0,00	0,00
D97	3,98	0,36	3,98	0,37	0,00	0,00
D153	3,98	0,36	3,98	0,37	0,00	0,00
D161	3,98	0,36	3,98	0,37	0,00	0,00
D102	3,81	0,51	3,81	0,51	0,00	0,00
<b>Vestuario personal y cuarto de basuras</b>						
D101	1,60	0,51	1,60	0,51	0,00	-0,01
D76	3,68	2,05	3,68	2,07	0,00	-0,01
D93	3,68	2,05	3,68	2,07	0,00	-0,01
D113	3,68	2,05	3,68	2,07	0,00	-0,01
<b>Aseos aulas</b>						
D154	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
D155	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
D186	3,60	1,97	3,60	1,98	0,00	-0,01
D187	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D188	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D191	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
D192	1,50	0,45	1,50	0,46	0,00	-0,01
D194	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01

Cuarto de basuras						
D149	1,60	0,51	1,60	0,51	0,00	-0,01
D22	1,60	0,51	1,60	0,51	0,00	-0,01
Aseos comedor						
D115	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
D143	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D144	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D82	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
D92	3,00	1,60	3,00	1,62	0,00	-0,01
Cocina						
D143	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01
D144	4,00	2,18	4,00	2,19	0,00	-0,01

Tabla 5.6. Comparativa de resultados entre manuales y software.

Del análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante el cálculo manual y los proporcionados por el programa CYPE se observa que las diferencias en velocidades y pérdida lineal ( $j$ ) son mínimas, **con desviaciones inferiores 0,02 Pa/m**. Estas discrepancias se consideran despreciables y atribuibles a redondeos numéricos y a diferencias en la precisión de las constantes utilizadas por el software en los factores de fricción.

Por tanto, se concluye que los resultados obtenidos con CYPE son coherentes, precisos y fiables, validando el uso del programa para el dimensionado y comprobación de la red de conductos de ventilación.

### 5.5.1.2. UNIONES Y TRANSICIONES

A continuación, a modo de resumen, en este apartado se describen las pérdidas de carga acumuladas en los distintos elementos singulares de la red (codos, bifurcaciones, uniones, etc.), ya que los tramos primarios no presentan pérdidas lineales al carecer de longitud propia. Cabe destacar que, cype, no proporciona las constantes de pérdidas de cada elemento, por lo que su cálculo manual resulta imposible de realizarse, por lo que los siguientes valores son los obtenidos por el software (**Tabla 5.7**):

	Norte-Este	Comedor	Aseos norte	sur comedor	Vestuario personal	Aseos aulas	Cuartos de basura	Aseos comedor	Cocina
	Presión total (Pa)								
Transición	2,92	0,03	1,16	0,76	0,05	0,44	0	0,4	0
Bifurcación (Embocadura 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación (Embocadura 2)	-0,17	-0,09	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	3,59	0,51	0	0	0	0	0	0	0
Codo	56,62	34,34	1,58	22,38	2,76	3,45	0,26	2,34	1,41
Bifurcación doble (Embocadura de entrada)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación doble (Embocadura)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	62,96	34,79	2,74	23,14	2,81	3,89	0,26	2,74	1,41

Tabla 5.7. Pérdidas de presión en uniones y transiciones.

Las pérdidas acumuladas de las uniones y transiciones de la red diseñada por medio del método de velocidad constante son de 134,74 Pa.

### 5.5.1.3. EQUIPOS

Los recuperadores de calor diseñados funcionarán con los siguientes puntos de funcionamiento (**Tabla 5.8.**):

Generador 1. Tramo de red Norte-Este con recuperador			Generador 2. Tramo de red Comedor con recuperador		
Caudal de impulsión	6125.15	l/s	Caudal de impulsión	4455.20	l/s
Presión de impulsión	2055.97	Pa	Presión de impulsión	3484.85	Pa
Caudal de extracción	5854.15	l/s	Caudal de extracción	3305.23	l/s
Presión de extracción	8280.00	Pa	Presión de extracción	2912.42	Pa

Tabla 5.8. Punto de funcionamiento de los recuperadores de calor.

Los ventiladores diseñados en las redes de extracción independientes funcionarán con los siguientes puntos de funcionamiento (**Tabla 5.9.**):

Vent. Aseos Norte		Vent. Sur comedor		Vent. Vestuario Personal		Vent. Aseos aulas	
Caudal de extracción	60,00 l/s	Caudal de extracción	996,00 l/s	Caudal de extracción	46,00 l/s	Caudal de extracción	90,00 l/s
Presión de extracción	35,45 Pa	Presión de extracción	117,92 Pa	Presión de extracción	35,07 Pa	Presión de extracción	42,47 Pa

Vent. Cuarto basuras norte		Vent. Aseos comedor		Vent. Cocina	
Caudal de extracción	16,00 l/s	Caudal de extracción	60,00 l/s	Caudal de extracción	48,00 l/s
Presión de extracción	12,22 Pa	Presión de extracción	35,75 Pa	Presión de extracción	40,31 Pa

Tabla 5.9. Punto de funcionamiento de los ventiladores.

## 5.5.2. MÉTODO DE ROZAMIENTO CONSTANTE (PÉRDIDA DE PRESIÓN LINEAL MÁXIMA)

A continuación, se muestra las dimensiones de los conductos de cada tramo de red de ventilación que se ha diseñado para la instalación (**Tabla 5.10.**):

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]
				Anchora	Altura					
				D28	Conducto rígido					
D15	Conducto rígido	1562,49	533	600	400	6,51	0,57	0,962	0,55	-61,74
D16	Conducto rígido	1562,49	533	600	400	6,51	0,46	0,962	0,44	-67,08
D26	Conducto rígido	3124,98	700	750	550	7,58	16,17	0,917	14,83	-88,27
D25	Conducto rígido	3124,98	700	750	550	7,58	2,06	0,917	1,89	-96,7
D24	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	16,46	0,913	15,02	-116,4
D32	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	1,1	0,913	1	-124,94
D29	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,28	0,913	0,26	-132,74
D31	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	4,32	0,913	3,95	-144,22
D33	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,28	0,913	0,26	-152,01
D36	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,44	0,913	0,4	-159,95
D10	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	3,81	0,996	3,8	-173,5
D157	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	0,72	0,996	0,72	258,34
D163	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	0,78	0,996	0,78	198,64
D13	Conducto rígido	260,42	272	275	225	4,21	1,48	0,968	1,43	-95,45
D14	Conducto rígido	385,42	314	300	275	4,67	0,58	0,977	0,57	-99,06
D34	Conducto rígido	1166,68	477	550	350	6,06	10,98	0,966	10,6	-115,12
D128	Conducto rígido	1166,68	477	550	350	6,06	0,05	0,966	0,05	-119,43
D51	Conducto rígido	125	210	250	150	3,33	1,32	0,888	1,17	-75,66
D166	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,61	0,955	0,58	-186,04
D167	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,32	0,955	0,31	-194,31
D159	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	1,04	0,955	0,99	193,4
D11	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,6	0,955	0,57	192,07
D35	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,13	0,955	0,12	182,47
D8	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	7,45	0,955	7,11	173,33
D70	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	1,35	0,991	1,34	144,51

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

D71	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	2,5	<b>0,991</b>	2,47	138,79
D17	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	0,26	<b>0,991</b>	0,26	131,93
D42	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	2,84	<b>0,991</b>	2,82	127,29
D43	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	8,72	<b>0,991</b>	8,64	119,22
D44	Conducto rígido	789,26	409	400	350	5,64	13,07	<b>1,000</b>	13,07	104,64
D8	Conducto rígido	3870,81	755	800	600	8,06	4,01	<b>0,942</b>	3,78	128,74
D7	Conducto rígido	3334,98	708	700	600	7,94	2,58	<b>0,982</b>	2,53	119,01
D6	Conducto rígido	3334,98	708	700	600	7,94	16,85	<b>0,982</b>	16,54	109,65
D5	Conducto rígido	1667,49	543	550	450	6,74	1,08	<b>0,99</b>	1,07	90,28
D4	Conducto rígido	1667,49	543	550	450	6,74	14,01	<b>0,99</b>	13,86	84,21
<b>Generador 2</b>										
D127	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	0,24	<b>0,972</b>	0,24	-179,82
D132	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	2,61	<b>0,972</b>	2,54	-232,39
D9	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	0,73	<b>0,972</b>	0,71	125,56
D120	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	1,15	<b>0,972</b>	1,12	117,31
D120	Conducto rígido	4405,2	787	800	650	8,47	1,62	<b>0,98</b>	1,58	116,57
D3	Conducto rígido	4405,2	787	800	650	8,47	26,84	<b>0,98</b>	26,32	107,05
D2	Conducto rígido	1101,3	464	450	400	6,12	7,32	<b>0,995</b>	7,28	76,87
D174	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	0,69	<b>0,877</b>	0,6	14,22
D175	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	2,08	<b>0,877</b>	1,82	12,84
D160	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	3,06	<b>0,877</b>	2,68	10,24
D168	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	2,06	<b>0,877</b>	1,81	6,78
D103	Conducto rígido	3255,23	700	750	550	7,89	26,71	<b>0,992</b>	26,49	-91,58
D84	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	1,82	<b>0,965</b>	1,76	-99,98
D73	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	2,12	<b>0,965</b>	2,05	-148,01
D139	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	2,11	<b>0,965</b>	2,04	175,03
D141	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	0,31	<b>0,965</b>	0,3	166,95
<b>Aseos norte</b>										
D186	Conducto rígido	45	143	175	100	2,57	6,19	<b>0,894</b>	5,53	-15
D187	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,06	<b>0,849</b>	0,05	-17,95
D188	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,28	<b>0,849</b>	0,24	-18,88
D203	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,41	<b>0,453</b>	0,64	-10,11
D192	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,27	<b>0,453</b>	0,58	-10,84
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Despensa y Grupo Electrógeno</b>										
D91	Conducto rígido	481	343	400	250	4,81	2,85	<b>0,946</b>	2,69	-74,89
D97	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	0,24	<b>0,901</b>	0,22	-78,47
D153	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	0,18	<b>0,901</b>	0,17	-99,49
D161	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	1,04	<b>0,901</b>	0,94	-103,38
D102	Conducto rígido	515	354	350	300	4,9	1,86	<b>0,923</b>	1,72	-71,56
<b>Vestuario personal</b>										
D101	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,3	<b>0,509</b>	0,15	-10,47
D76	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	4,84	<b>0,931</b>	4,51	-15,15
D93	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	1,73	<b>0,931</b>	1,61	-17,36
D113	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	0,78	<b>0,931</b>	0,73	-18,69
<b>Cuarto de basuras</b>										
D149	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,58	<b>0,509</b>	0,3	-10,62
D22	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,1	<b>0,509</b>	0,05	-10,93
<b>Aseos aulas</b>										
D154	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,36	<b>0,934</b>	0,34	-18,61
D155	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	4,96	<b>0,934</b>	4,63	-23,88
D186	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,72	<b>0,849</b>	0,61	-24,9
D187	Conducto rígido	90	181	225	125	3,2	0,31	<b>0,999</b>	0,31	-28,49
D188	Conducto rígido	90	181	225	125	3,2	0,28	<b>0,999</b>	0,28	-29,65
D191	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,36	<b>0,934</b>	0,34	-18,61
D192	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	4,42	<b>0,934</b>	4,13	-23,38
D194	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,26	<b>0,934</b>	0,25	-18,52
<b>Aseos comedor</b>										
D115	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	2,79	<b>0,934</b>	2,61	-20,88
D143	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,85	<b>0,849</b>	0,73	-22,18
D144	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,22	<b>0,849</b>	0,19	-23,05
D82	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,77	<b>0,934</b>	0,72	-18,99
D92	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,27	<b>0,934</b>	0,26	-19,89
<b>Cocina</b>										
D143	Conducto rígido	48	150	150	125	2,56	1,12	<b>0,813</b>	0,91	-29,53
D144	Conducto rígido	48	150	150	125	2,56	0,21	<b>0,813</b>	0,17	-30,33

Tabla 5.10. Resultados de los conductos obtenidos por el método de rozamiento constante.

## 5.5.2.1. UNIONES Y TRANSICIONES

A continuación, a modo de resumen, en este apartado se describen las pérdidas de carga acumuladas en los distintos elementos singulares de la red (codos, bifurcaciones, uniones, etc.), ya que los tramos primarios no presentan pérdidas lineales al carecer de longitud propia (**Tabla 5.11.**).

	Norte-Este	Comedor	Aseos norte	Sur comedor	Vestuario personal	Aseos aulas	Cuartos de basuras	Aseos comedor	Cocina
<b>Presión total (Pa)</b>									
Transición	6,83	0,13	1,1	1,17	0,07	1,58	0	0,24	0
Bifurcación (Embocadura 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación (Embocadura 2)	-0,92	-0,42	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	20,8	0,47	0	0	0	0	0	0	0
Codo	69,58	102,5	0,84	23,81	1,3	2,16	0,26	1,33	0,63
Bifurcación doble (Embocadura de entrada)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bifurcación doble (Embocadura)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>96,29</b>	<b>102,7</b>	<b>1,94</b>	<b>24,98</b>	<b>1,37</b>	<b>3,74</b>	<b>0,26</b>	<b>1,57</b>	<b>0,63</b>

Tabla 5.11. Pérdida de presión en uniones y transiciones.

En este caso, las pérdidas acumuladas de las uniones y transiciones de la red diseñada de ventilación por medio del método de rozamiento constante suman un total de 233,49 Pascales.

### 5.5.2.2. EQUIPOS SELECCIONADOS

Los recuperadores de calor diseñados funcionarán con los siguientes puntos de funcionamiento (Tabla 5.12.):

Generador 1. Tramo de red Norte-Este con recuperador			Generador 2. Tramo de red Comedor con recuperador		
Caudal de impulsión	6125.15	l/s	Caudal de impulsión	4455.20	l/s
Presión de impulsión	387.71	Pa	Presión de impulsión	5641.22	Pa
Caudal de extracción	5854.15	l/s	Caudal de extracción	3305.23	l/s
Presión de extracción	8942.47	Pa	Presión de extracción	3083.20	Pa

Tabla 5.12. Punto de funcionamiento de los recuperadores de calor.

Los ventiladores diseñados en las redes de extracción independientes funcionarán con los siguientes puntos de funcionamiento (Tabla 5.13.):

Vent. Aseos Norte			Vent. Sur comedor			Vent. Vestuario Personal			Vent. Aseos aulas		
Caudal de extracción	60.00	l/s	Caudal de extracción	996.00	l/s	Caudal de extracción	46.00	l/s	Caudal de extracción	90.00	l/s
Presión de extracción	21.62	Pa	Presión de extracción	108.16	Pa	Presión de extracción	21.55	Pa	Presión de extracción	32.80	Pa

Vent. Cuarto basuras norte			Vent. Aseos comedor			Vent. Cocina		
Caudal de extracción	16.00	l/s	Caudal de extracción	60.00	l/s	Caudal de extracción	48.00	l/s
Presión de extracción	12.22	Pa	Presión de extracción	25.80	Pa	Presión de extracción	32.94	Pa

Tabla 5.13. Punto de funcionamiento de los ventiladores.

## 5.6. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CÁLCULO

A continuación, se va a realizar una comparativa de los dos criterios empleados para el diseño de la red de ventilación de la Escuela infantil. Para ello, el apartado se dividirá en 3 subapartados. El primero comparará las dimensiones de los conductos obtenidas por cada método. El segundo, realizaremos una comparativa con las velocidades obtenidas para cada uno de los métodos, y el tercer y último subapartado se analizarán las pérdidas de carga obtenidas con el fin de dar respuesta en términos de eficiencia energética y confort de los

usuarios. Para ello, **utilizaremos los dos tramos de red que usan recuperadores de calor**, coincidiendo con los más influyentes y los que más caudal transportan de toda la instalación.

### 5.6.1. DIMENSIONES DE LOS CONDUCTOS.

Con la dificultad que supone representar gráficamente las dimensiones de los conductos, en la siguiente tabla (**Tabla 5.14.**), se va a realizar una comparativa de las secciones de los mismos:

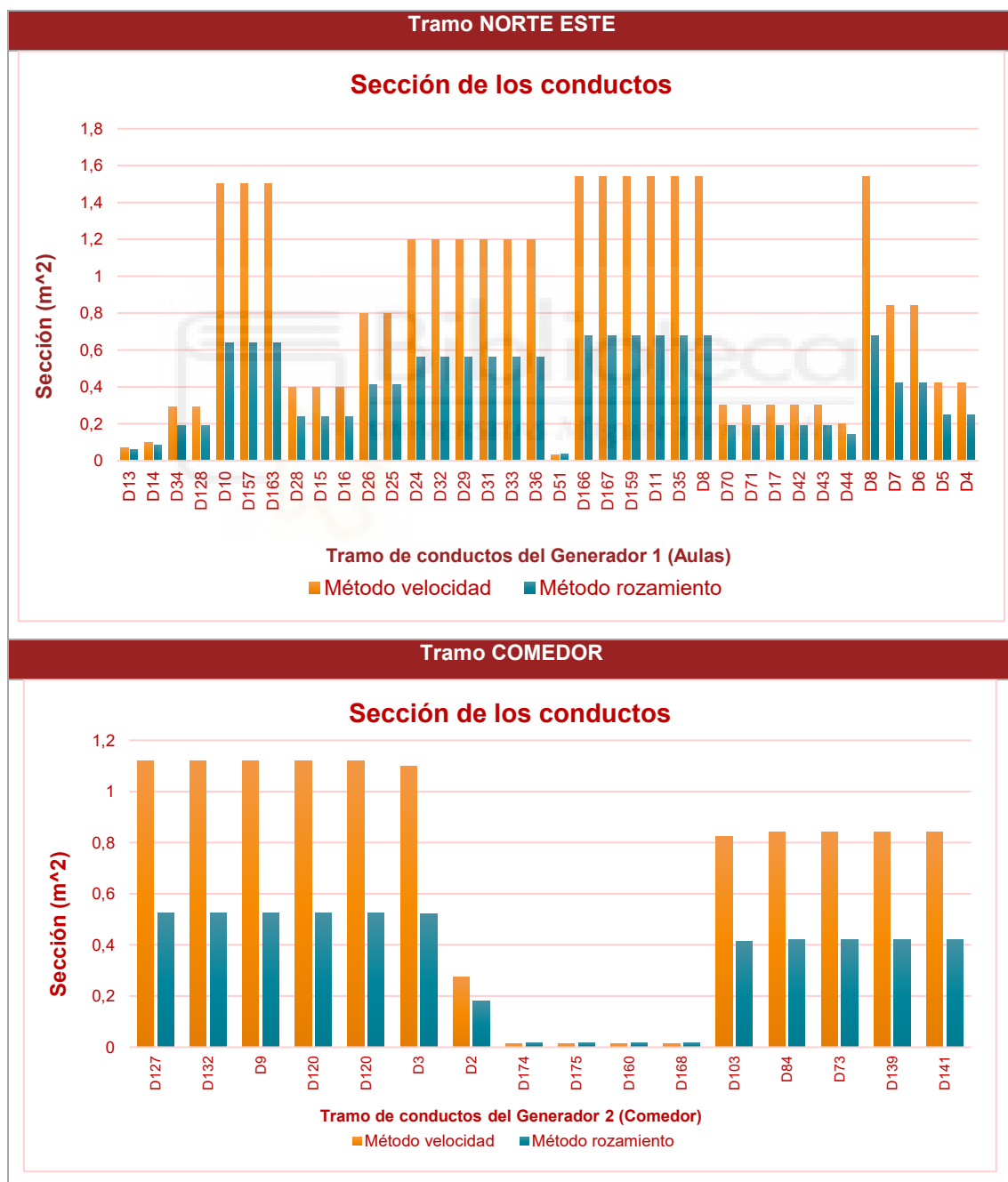


Tabla 5.14. Representación gráfica de las secciones obtenidas.

El **método de velocidad constante** impone un límite a la velocidad del aire (4 m/s se han elegido como criterio), lo que **obliga a dimensionar conductos de mayor sección en los tramos de mayor caudal**. De este modo, en los tramos iniciales de la red, donde los caudales son elevados, se obtienen dimensiones significativamente mayores. Conforme el caudal disminuye a lo largo del recorrido, las dimensiones se van reduciendo y tienden a igualarse con las del método de rozamiento constante. Esta tendencia es consistente en ambos tramos principales analizados.

Por el contrario, el **método de rozamiento constante** fija una pérdida de carga lineal (en este caso, 1 Pa/m), sin limitar directamente la velocidad. Esto permite que el software seleccione secciones menores siempre que se respete el objetivo de pérdida. En consecuencia, se obtienen conductos de menor volumen generalizado a lo largo de toda la red.

Este comportamiento **tiene implicaciones constructivas relevantes**. En los primeros tramos, el método de velocidad constante puede producir conductos de dimensiones que dificulten su integración en falsos techos u otros espacios limitados. Esta condición puede traducirse en conflictos constructivos si no se dispone del espacio necesario o si se requiere mayor coordinación con otras instalaciones.

En definitiva, el **método de rozamiento constante tiende a optimizar el espacio ocupado por la red**, mientras que el de velocidad constante ofrece un control acústico más favorable a costa de secciones mayores en los tramos de mayor caudal, lo cual será analizado en el siguiente apartado.

### 5.6.2. VELOCIDAD EN CADA TRAMO DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se muestran los gráficos obtenidos por cada método, tanto para la red Este norte como para la red del comedor, compuestos por las velocidades de aire obtenidas en los conductos (**Tabla 5.15**).

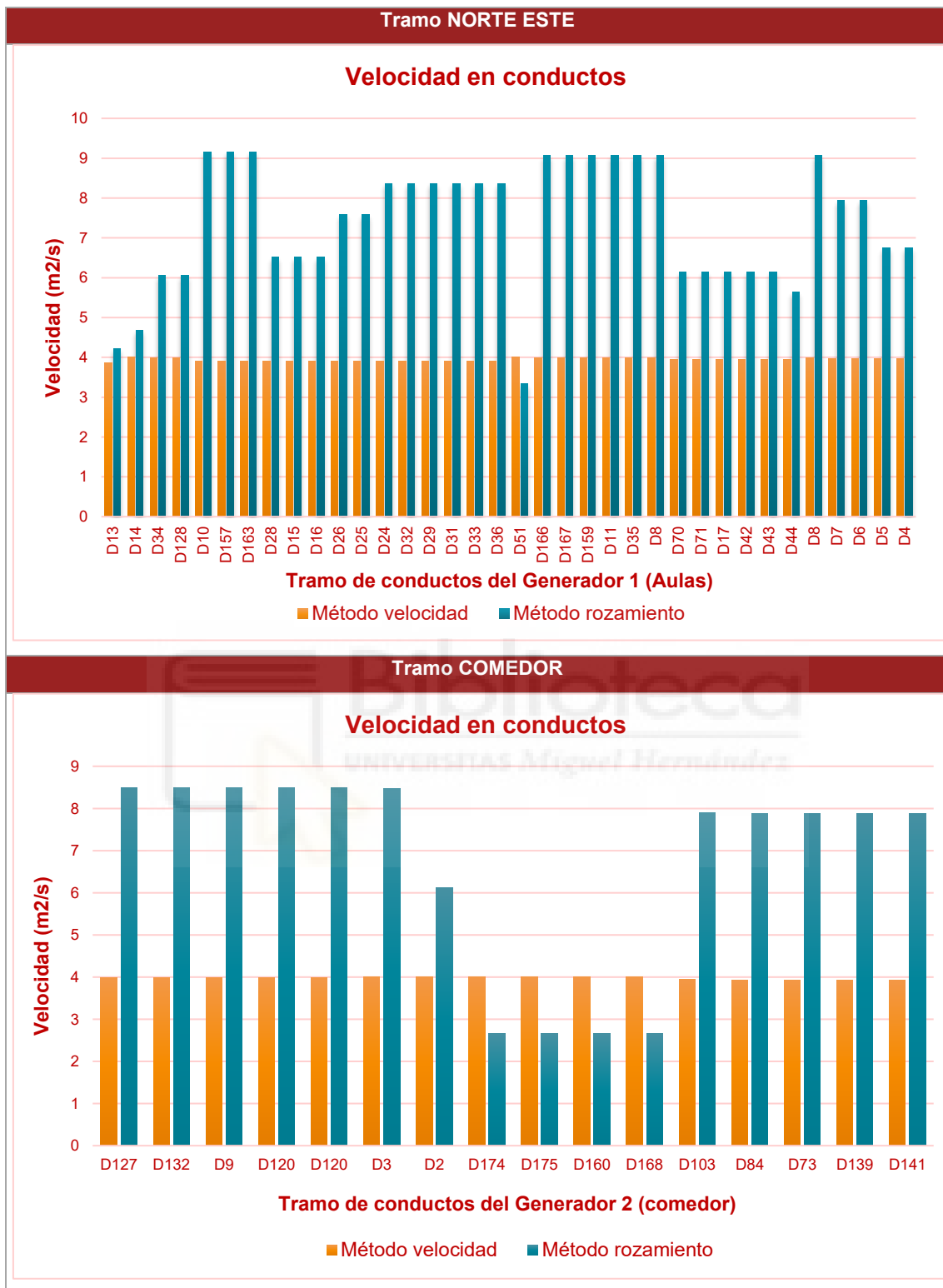


Tabla 5.15. Representación Gráfica de las velocidades en conductos.

El comportamiento de la velocidad en los conductos refleja el criterio de diseño aplicado. Con **el método de velocidad constante, la velocidad se mantiene controlada** y relativamente uniforme en todos los tramos de la red, situándose

---

en torno a los 4 m/s. Esto se debe a que el criterio fuerza a dimensionar los conductos de manera que el caudal quede contenido dentro de ese límite de velocidad, aumentando la sección cuando el caudal es elevado.

En cambio, con el método de rozamiento constante, las velocidades varían notablemente entre tramos. Se observan **tramos con velocidades superiores a 9 m/s**, especialmente en zonas de mayor caudal. Este comportamiento es coherente con la filosofía de este método, en el que se fija una pérdida lineal objetivo (por ejemplo, 1 Pa/m), y el programa selecciona el conducto más reducido posible que cumpla con ese límite. En consecuencia, al disminuir la sección para un mismo caudal aumentan las velocidades en los conductos.

Este aumento de velocidad puede conllevar efectos negativos: incremento del ruido aerodinámico, mayores pérdidas por accesorios y codos, como se observan en **los apartados 5.4.1.1. y 5.4.2.1. Uniones y transiciones**, y mayor exigencia para el ventilador. Se considera que velocidades superiores a 5 m/s comienzan a generar niveles sonoros apreciables en la red, lo que puede resultar especialmente problemático en entornos sensibles. **En edificios docentes, y particularmente en una escuela infantil, el confort acústico es un criterio prioritario de diseño.**

### **5.6.3. PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN CONDUCTOS**

Al igual que en los apartados descritos anteriormente, se realizará una comparativa de las pérdidas de presión lineales para ambos criterios de diseño utilizados. A continuación, se muestran las gráficas con los tramos de conductos de los dos tramos principales de ventilación (**Tabla 5.16.**):

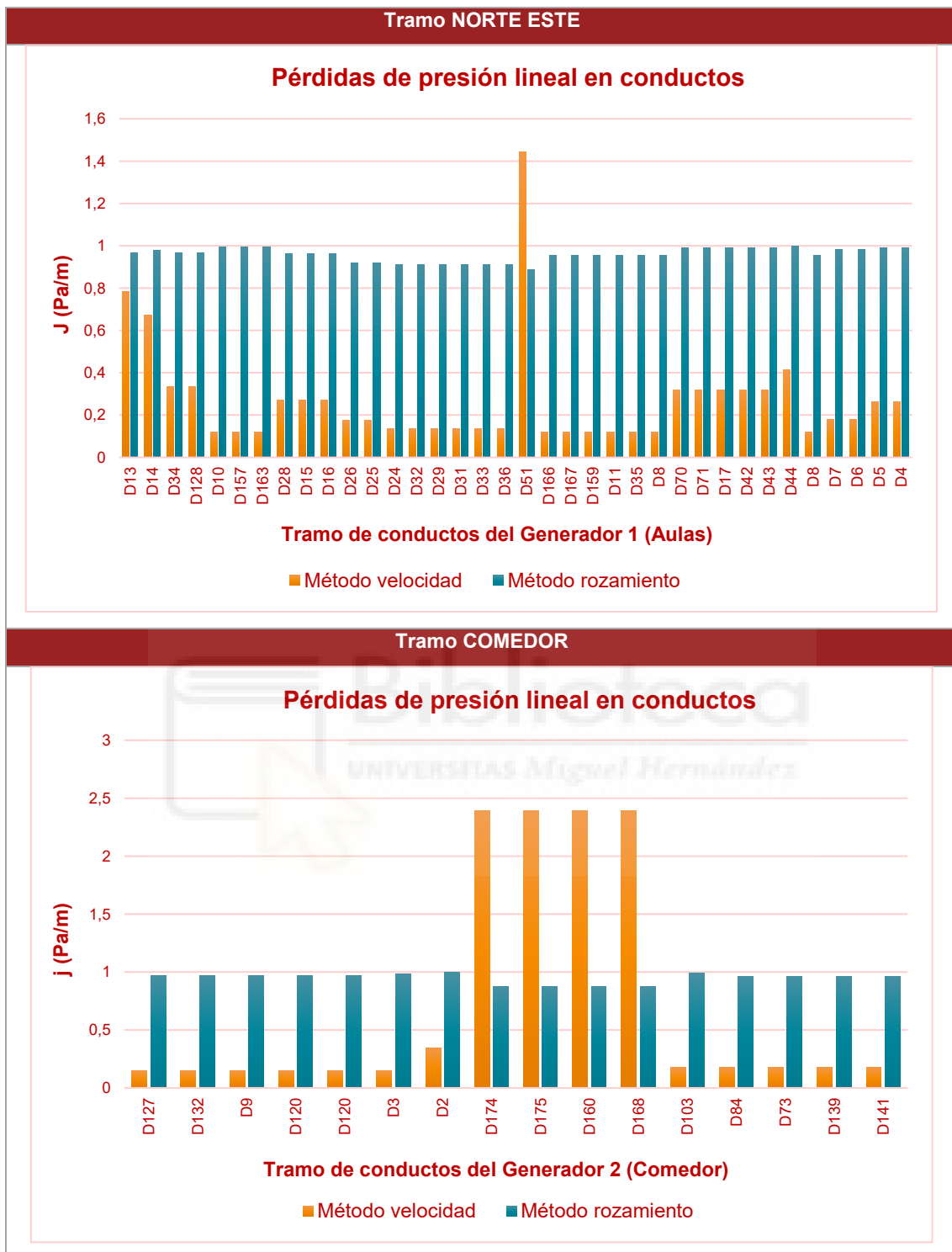


Tabla 5.16. Representación Gráfica de las pérdidas lineales obtenidas en conductos.

Al analizar las pérdidas de presión lineales se observa un comportamiento que puede resultar conflictivo en cuanto al fundamento de los dos criterios. El método de rozamiento constante, diseñado para mantener una pérdida por metro fija (1 Pa/m), ofrece valores muy uniformes a lo largo de toda la red, como se aprecia

claramente en ambos tramos. No obstante, **estas pérdidas no son inferiores a las del método de velocidad constante; de hecho, en la mayoría de tramos resultan superiores.**

Con el método de velocidad constante, las pérdidas por metro son mucho más variables, pero en promedio se sitúan claramente por debajo del umbral de 1 Pa/m. En algunos tramos se detectan picos más altos, pero en general el perfil es más bajo.

Esta aparente contrariedad se explica al analizar el funcionamiento interno del software de cálculo (CYPE). Cuando se emplea el método de rozamiento constante, el programa tiende a seleccionar el conducto más pequeño posible que cumpla con el límite de 1 Pa/m. Esto genera velocidades elevadas, y dado que la fórmula de Darcy-Weisbach presenta un término cuadrático en velocidad:

$$j = \frac{\Delta p_f}{L} = \frac{8 * \lambda * \rho * Q^2}{\pi^2 * D_{eq}^5}$$

Una pequeña reducción de sección se traduce en un incremento considerable en las pérdidas.

Por el contrario, el **método de velocidad constante** obliga a ampliar las secciones cuando el caudal es alto, lo que aumenta sustancialmente el valor del diámetro equivalente, resultando en menores pérdidas incluso sin haber fijado un límite explícito.

En consecuencia, aunque el criterio de rozamiento parezca más eficiente en teoría, en la práctica y bajo el algoritmo de dimensionamiento aplicado, puede generar pérdidas mayores debido a una optimización excesiva del espacio en detrimento de la eficiencia del sistema.

## 5.7. CONCLUSIONES

Ambos criterios representan herramientas de diseño válidas y complementarias. **El método de velocidad constante ha demostrado un comportamiento más favorable tanto en términos de control de velocidad como de pérdidas de presión lineales.** Al imponer un límite directo a la velocidad, garantiza un

---

funcionamiento más silencioso y estable, lo cual es especialmente relevante en un edificio docente de educación infantil, donde el confort acústico es prioritario.

Además, el control de velocidad conlleva un efecto positivo indirecto sobre las pérdidas de carga: al sobredimensionar los conductos en los tramos de mayor caudal, se reduce la velocidad del aire y, por tanto, también la pérdida lineal, según la relación cuadrática de la fórmula de Darcy-Weisbach.

**El método de rozamiento constante**, si bien permite una red más compacta y uniforme en pérdidas, conduce a velocidades más elevadas, con los inconvenientes que ello supone a nivel acústico, aerodinámico y energético. Aunque puede resultar útil para optimizar el espacio en instalaciones con restricciones físicas severas, no parece la mejor opción en contextos sensibles al ruido.

Por tanto, se concluye que **el método de velocidad constante resulta más adecuado para el caso analizado, al ofrecer una red más silenciosa, energéticamente equilibrada y adaptada al entorno escolar**. No obstante, en la práctica profesional, lo más recomendable es aplicar una combinación de ambos criterios, ajustando el diseño tramo a tramo en función de las necesidades específicas de cada proyecto, ya que el método de velocidad constante seguramente pueda conducir a conflictos constructivos.

## 6. CONCLUSIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El presente Trabajo Fin de Grado ha permitido analizar, diseñar y comparar los métodos de cálculo aplicables a las instalaciones hidráulicas y de ventilación en un edificio de uso docente, concretamente una escuela infantil. El enfoque se ha centrado en valorar la coherencia técnica de los procedimientos normativos actuales frente a las condiciones reales de uso, identificando limitaciones, divergencias y oportunidades de mejora en la aplicación práctica del Código Técnico de la Edificación y sus Documentos Básicos RITE, HS4 y HS5.

### 6.1. CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA.

En la instalación de fontanería, la comparación entre los métodos de cálculo de caudal simultáneo muestra diferencias significativas en el dimensionado. **El método racional simplificado proporciona caudales de diseño inferiores a los de la Norma UNE 149201:2017**, lo que se traduce en diámetros más pequeños y pérdidas de carga superiores, aunque siempre dentro de los límites admisibles del DB HS 4.

A pesar de este incremento en las pérdidas, **el método racional simplificado resulta más coherente para una escuela infantil, ya que ofrece un dimensionado ajustado que evita el sobredimensionado característico de la UNE**, permitiendo además una selección más eficiente de los equipos (bombas, contadores y depósitos).

Las verificaciones realizadas muestran que, aun con mayores pendientes hidráulicas, la instalación cumple holgadamente los requisitos de presión mínima en el punto más desfavorable. Por tanto, en términos de equilibrio entre rigor técnico, eficiencia y adecuación a las condiciones de uso del edificio, el método racional simplificado se consolida como la opción más apropiada frente al enfoque más conservador de la Norma UNE.

### 6.2. CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO.

En la red de aguas residuales, la comparación entre la Norma UNE 149201:2017 y el método racional simplificado ( $\alpha = 4$ ) muestra que ambos ofrecen caudales de diseño relativamente próximos en los tramos de pequeña evacuación, con ligeras diferencias a favor del método racional simplificado, que suele

proporcionar caudales simultáneos algo mayores. Sin embargo, las discrepancias se vuelven muy importantes en los tramos principales de la red, especialmente en la acometida. En estos tramos de caudal elevado, **la UNE decrece el caudal simultáneo debido a la tercera ecuación de la norma, de forma que el Qd resultante queda muy por debajo del caudal instalado y claramente por debajo del calculado mediante el método racional simplificado.** Esta reducción tan acusada implica una diferencia porcentual muy elevada entre el caudal real y el de diseño en la acometida, lo que dificulta justificar técnicamente que ese colector principal esté dimensionado de forma segura frente a episodios de utilización simultánea de los aparatos.

A partir de esta comparación, y tomando como referencia el método racional simplificado para el cálculo de caudales, se ha analizado el dimensionado hidráulico de la red mediante fórmulas frente al método tabular del DB HS 5. Los resultados muestran que el método tabular tiende a sobredimensionar de forma sistemática canalones, bajantes y colectores, arrastrando diámetros excesivos por continuidad y generando una instalación más costosa y poco optimizada. Por el contrario, el dimensionado por fórmulas, apoyado en la ecuación de Manning y en criterios explícitos de grado de llenado, velocidad mínima de arrastre y pendientes, permite obtener secciones ajustadas pero seguras, coherentes con los caudales calculados mediante el método racional simplificado.

En conjunto, las conclusiones del apartado de saneamiento apuntan a que, para un edificio de uso docente como una escuela infantil, la combinación de **método racional simplificado para la simultaneidad y cálculo hidráulico por fórmulas ofrece un diseño mucho más justificable y fiable** que la aplicación directa de la UNE en la acometida o el uso del método tabular del DB HS5, evitando tanto el riesgo de infradimensionar el colector principal como el sobredimensionado generalizado de la red.

### **6.3. CONCLUSIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN.**

En la instalación de ventilación se han comparado los métodos de velocidad constante y rozamiento constante, ambos reconocidos por el RITE. Aunque los dos conducen a resultados similares en términos de caudales y presiones,

presentan comportamientos diferentes que influyen directamente en el dimensionado. **El método de velocidad constante controla la velocidad del aire en todo momento, lo que evita problemas de ruido y vibraciones, pero obliga a adoptar conductos de mayor sección en los tramos de mayor caudal**, pudiendo generar conflictos de espacio en falsos techos. Por su parte, el **método de rozamiento constante fija una pérdida lineal uniforme, permitiendo que los conductos sean más pequeños en gran parte del trazado, siempre que se cumpla la caída de presión objetivo**. Esta característica lo hace más eficiente en cuanto a ocupación de espacio, aunque ofrece menos control directo sobre el comportamiento acústico y las velocidades máximas del aire.

La comparación evidencia que el método de velocidad constante es más intuitivo y más seguro desde el punto de vista acústico, mientras que el de rozamiento constante es más favorable constructivamente, al reducir el volumen total de conductos.

**Para una escuela infantil, donde el confort acústico y la estabilidad de la calidad del aire son prioritarios, el método de velocidad constante presenta ventajas claras**, aunque la combinación de ambos criterios permite un diseño equilibrado entre eficiencia, control del ruido y viabilidad constructiva. En conjunto, la instalación final cumple sobradamente con RITE, garantizando un sistema fiable, silencioso y eficiente para un entorno docente.

#### **6.4. MEJORAS FUTURAS**

A partir del presente estudio, se proponen las siguientes líneas de desarrollo y mejora:

- **Validación experimental de los métodos de cálculo en edificios reales**, midiendo caudales, presiones y velocidades para contrastar los resultados teóricos.
- **Ampliación del análisis a tipologías no docentes, como residencias o centros sanitarios**, donde las condiciones de uso difieren en simultaneidad y caudal.

- **Desarrollo de modelos de simulación hidráulica y energética (con software BIM o CFD)** que integren fontanería, saneamiento y ventilación, permitiendo un dimensionado conjunto optimizado.
- **Actualización normativa propuesta al DB HS4 y HS5**, incorporando métodos racionales y criterios basados en comportamiento hidráulico real, sustituyendo las tablas empíricas desfasadas.
- **Evaluación del impacto energético global de las instalaciones hidráulicas y de ventilación**, considerando estrategias de recuperación de calor y gestión inteligente del consumo de agua.
- **Integración de sensores IoT** para el control automático de presiones, fugas y calidad del aire, fomentando un mantenimiento predictivo y eficiente.

En definitiva, el trabajo sienta las bases para futuras investigaciones que permitan modernizar los criterios de diseño de las instalaciones de salubridad y ventilación, adecuándolos a las demandas reales y a los principios de eficiencia y sostenibilidad del sector de la edificación.



## ANEXO RESULTADOS

### RESULTADOS RED DE FONTANERÍA NORMA UNE

#### AC1

#### Acometida

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH1	2.045	2.454	7.75	0.55	4.24	0.55	69.8	Ø90	1.11	0.017	52	51.41	-1.68	20	20	-	-

#### Tubo de alimentación

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH2	1.651	1.981	7.75	0.55	4.24	-0.55	69.8	Ø90	1.11	0.017	45.55	46.06	-1.68	20	20	-	-
TH3	5.05	6.06	7.75	0.55	4.24	2.84	69.8	Ø90	1.11	0.017	46.06	43.12	-1.68	20	20	-	-
TH4	0.777	0.932	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	2.84	2.82	-1.67	20	20	-	-
TH5	1.117	1.34	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	17.63	17.6	-1.67	20	20	-	-
TH6	2.762	3.314	7.75	0.55	4.24	2.7	69.8	Ø90	1.11	0.017	17.6	14.84	-1.67	20	20	-	-
TH7	0.074	0.088	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	14.84	14.84	-1.67	20	20	-	-
TH8	5.564	6.677	7.75	0.55	4.24	0	69.8	Ø90	1.11	0.017	14.84	14.73	-1.67	20	20	-	-
TH9	0.213	0.256	7.35	0.56	4.13	0	69.8	Ø90	1.08	0.017	14.73	14.72	-1.67	20	20	-	-
TH10	2.882	3.458	6.95	0.58	4.02	0	69.8	Ø90	1.05	0.016	14.72	14.67	-1.67	20	20	-	-
TH11	0.51	0.612	6.75	0.59	3.96	0	58.2	Ø75	1.49	0.037	14.67	14.64	-1.49	20	20	-	-
TH12	6.942	8.33	5.85	0.63	3.68	0	58.2	Ø75	1.38	0.033	14.64	14.37	-1.49	20	20	-	-
TH13	6.662	7.994	5.1	0.67	3.42	0	58.2	Ø75	1.29	0.029	14.37	14.15	-1.49	20	20	-	-
TH14	5.872	7.046	4.1	0.74	3.03	0	58.2	Ø75	1.14	0.023	14.15	13.98	-1.49	20	20	-	-
TH15	6.312	7.574	3.8	0.76	2.9	0	58.2	Ø75	1.09	0.021	13.98	13.82	-1.49	20	20	-	-
TH16	6.31	7.572	3.5	0.79	2.76	0	48.8	Ø63	1.48	0.045	13.82	13.48	-1.32	20	20	-	-
TH17	5.988	7.185	3.2	0.82	2.61	0	48.8	Ø63	1.4	0.041	13.48	13.19	-1.32	20	20	-	-
TH18	5.33	6.395	2.4	0.90	2.16	0	48.8	Ø63	1.16	0.029	13.19	13	-1.32	20	20	-	-
TH19	6.314	7.577	2.1	0.94	1.97	0	48.8	Ø63	1.05	0.025	13	12.81	-1.32	20	20	-	-
TH20	6.252	7.502	1.8	0.97	1.75	0	38.8	Ø50	1.48	0.06	12.81	12.36	-1.12	20	20	-	-
TH21	8.649	10.378	1.5	1.00	1.5	0	38.8	Ø50	1.27	0.046	12.36	11.89	-1.12	20	20	-	-

## Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH22	6.312	7.574	1	1.00	1	0	31	Ø40	1.32	0.065	11.89	11.39	-0.94	20	20	-	-
TH23	7.114	8.536	0.5	1.00	0.5	0	24.8	Ø32	1.04	0.055	11.39	10.92	-0.78	20	20	-	-

### Local húmedo

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
24	0.365	0.475	0.5	1.00	0.5	0	24.8	Ø32	1.04	0.055	9.92	9.9	-0.78	20	20	-	-
25	0.688	0.894	0.4	1.00	0.4	0	20.4	Ø25	1.22	0.095	9.9	9.81	-0.66	20	20	-	-
26	1.434	1.865	0.3	1.00	0.3	0	16.2	Ø20	1.46	0.173	9.81	9.49	-0.54	20	20	-	-

### Derivación de aparato

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
28	4.721	5.666	0.2	1.00	0.2	-2.15	16.2	Ø20	0.97	0.084	9.49	11.16	-0.54	20	20	-	-

### Derivación particular

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
154	6.105	7.326	2.95	0.84	2.48	2.7	48.8	Ø63	1.33	0.033	17.33	14.39	9.53	60	60	70	70
164	2.689	3.227	2.62	0.88	2.29	0	48.8	Ø63	1.23	0.028	14.39	14.3	9.52	60	60	70	70
167	0.713	0.856	2.59	0.88	2.28	0	48.8	Ø63	1.22	0.028	14.3	14.28	9.52	60	60	70	70
175	7.059	8.471	1.99	0.95	1.88	0	48.8	Ø63	1.01	0.02	14.28	14.11	9.52	60	60	70	70
182	6.236	7.483	1.59	0.99	1.57	0	38.8	Ø50	1.33	0.043	14.11	13.79	13.34	60	60	60	30
199	6.106	7.327	1.3	1.00	1.3	0	38.8	Ø50	1.1	0.03	13.79	13.56	13.33	60	59.9	60	30
203	6.329	7.595	1.23	1.00	1.23	0	38.8	Ø50	1.04	0.028	13.56	13.35	13.32	59.9	59.9	60	30

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
207	6.251	7.501	1.17	1.00	1.17	0	38.8	Ø50	0.99	0.025	13.35	13.17	13.32	59.9	59.9	60	30
211	5.733	6.88	1.1	1.00	1.1	0	31	Ø40	1.46	0.067	13.17	12.7	11.6	59.9	59.9	48	30
212	5.539	6.647	0.84	1.00	0.84	0	31	Ø40	1.11	0.041	12.7	12.43	11.6	59.9	59.8	48	30
216	6.268	7.522	0.78	1.00	0.78	0	31	Ø40	1.03	0.036	12.43	12.16	11.59	59.8	59.8	48	30
220	6.267	7.52	0.71	1.00	0.71	0	24.8	Ø32	1.47	0.09	12.16	11.48	10.17	59.8	59.8	35	30
224	8.708	10.45	0.65	1.00	0.65	0	24.8	Ø32	1.34	0.075	11.48	10.7	10.16	59.8	59.7	35	30
230	6.263	7.516	0.43	1.00	0.43	0	20.4	Ø25	1.32	0.093	10.7	9.99	8.95	59.7	59.7	28	30
236	7.064	8.477	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	9.99	9.3	7.94	59.7	59.6	22	30
237	0.129	0.154	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	9.3	9.29	7.92	59.6	59.6	22	30

## Local húmedo

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
238	2.287	2.973	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	8.29	8.05	7.92	59.6	59.6	22	30

## Derivación de aparato

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
240	4.468	4.625	0.15	1.00	0.15	-2.15	16.2	Ø20	0.73	0.043	8.05	10	7.91	59.6	59.5	22	30

Abreviaturas utilizadas			
P	Presión (mca)	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial (mm)
P <sub>mín</sub>	Presión mínima (mca)	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial (mm)
P <sub>máx</sub>	Presión máxima (mca)	L <sub>r</sub>	Longitud medida sobre planos (m)
P <sub>ent</sub>	Presión de entrada (mca)	L <sub>eq</sub>	Longitud equivalente (m)
P <sub>sal</sub>	Presión de salida (mca)	E <sub>p</sub>	Flujo de calor lineal (W/m)

Abreviaturas utilizadas			
Q	Caudal (l/s)	T <sub>ent</sub>	Temperatura de entrada (°C)
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto (l/s)	T <sub>sal</sub>	Temperatura de salida (°C)
K	Coefficiente de simultaneidad	D <sub>ais</sub>	Diámetro interior del aislamiento térmico (mm)
Q <sub>s</sub>	Caudal, con simultaneidad aplicada (Q <sub>b</sub> x K) (l/s)	E <sub>ais</sub>	Espesor del aislamiento térmico (mm)
J	Pérdida de carga localizada (mca)	h	Desnivel (%)
J	Pérdida de carga del tramo (mca/m)	v	Velocidad (m/s)
D	Diámetro (mm)		

## RESULTADOS RED DE FONTANERÍA MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO.

### AC1

#### Acometida

Referencia	Tuberías																
	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH1	2.045	2.454	7.75	0.31	2.37	0.55	48.8	Ø63	1.26	0.034	52	51.37	-1.33	20	20	-	-

#### Tubo de alimentación

Referencia	Tuberías																
	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH2	1.651	1.981	7.75	0.31	2.37	-0.55	48.8	Ø63	1.26	0.034	46.71	47.19	-1.33	20	20	-	-
TH3	5.05	6.06	7.75	0.31	2.37	2.84	48.8	Ø63	1.26	0.034	47.19	44.14	-1.33	20	20	-	-
TH4	0.777	0.932	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	2.84	2.81	-1.33	20	20	-	-
TH5	1.117	1.34	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	20.14	20.09	-1.33	20	20	-	-
TH6	2.762	3.314	7.75	0.31	2.37	2.7	48.8	Ø63	1.26	0.034	20.09	17.28	-1.33	20	20	-	-
TH7	0.074	0.088	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	17.28	17.27	-1.33	20	20	-	-
TH8	5.564	6.677	7.75	0.31	2.37	0	48.8	Ø63	1.26	0.034	17.27	17.05	-1.33	20	20	-	-
TH9	0.213	0.256	7.35	0.31	2.26	0	48.8	Ø63	1.21	0.032	17.05	17.04	-1.32	20	20	-	-
TH10	2.882	3.458	6.95	0.31	2.16	0	48.8	Ø63	1.15	0.029	17.04	16.94	-1.32	20	20	-	-
TH11	0.51	0.612	6.75	0.31	2.1	0	48.8	Ø63	1.13	0.028	16.94	16.92	-1.32	20	20	-	-
TH12	6.942	8.33	5.85	0.32	1.84	0	48.8	Ø63	0.99	0.022	16.92	16.74	-1.32	20	20	-	-
TH13	6.662	7.994	5.1	0.32	1.63	0	38.8	Ø50	1.37	0.053	16.74	16.31	-1.12	20	20	-	-

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
TH14	5.872	7.046	4.1	0.33	1.36	0	38.8	Ø50	1.15	0.038	16.31	16.04	-1.12	20	20	-	-
TH15	6.312	7.574	3.8	0.34	1.28	0	38.8	Ø50	1.09	0.035	16.04	15.78	-1.12	20	20	-	-
TH16	6.31	7.572	3.5	0.34	1.21	0	38.8	Ø50	1.02	0.031	15.78	15.55	-1.12	20	20	-	-
TH17	5.988	7.185	3.2	0.35	1.13	0	31	Ø40	1.49	0.081	15.55	14.97	-0.94	20	20	-	-
TH18	5.33	6.395	2.4	0.38	0.91	0	31	Ø40	1.21	0.055	14.97	14.61	-0.94	20	20	-	-
TH19	6.314	7.577	2.1	0.40	0.83	0	31	Ø40	1.1	0.047	14.61	14.26	-0.94	20	20	-	-
TH20	6.252	7.502	1.8	0.42	0.75	0	31	Ø40	0.99	0.039	14.26	13.97	-0.94	20	20	-	-
TH21	8.649	10.378	1.5	0.45	0.67	0	24.8	Ø32	1.39	0.093	13.97	13	-0.78	20	20	-	-
TH22	6.312	7.574	1	0.51	0.51	0	24.8	Ø32	1.06	0.058	13	12.57	-0.78	20	20	-	-
TH23	7.114	8.536	0.5	0.69	0.34	0	20.4	Ø25	1.05	0.072	12.57	11.95	-0.65	20	20	-	-

## Local húmedo

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
24	0.365	0.438	0.5	0.69	0.34	0	20.4	Ø25	1.05	0.072	10.95	10.92	-0.65	20	20	-	-
25	0.688	0.825	0.4	0.80	0.32	0	20.4	Ø25	0.98	0.064	10.92	10.86	-0.65	20	20	-	-
26	1.434	1.721	0.3	1.00	0.3	0	16.2	Ø20	1.46	0.173	10.86	10.57	-0.53	20	20	-	-

## Derivación de aparato

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
28	4.721	5.666	0.2	1.00	0.2	-2.15	16.2	Ø20	0.97	0.084	10.57	12.24	-0.53	20	20	-	-

## Derivación particular

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
154	6.105	7.326	2.95	0.35	1.02	2.7	31	Ø40	1.35	0.059	19.59	16.46	11.64	60	60	48	30
164	2.689	3.227	2.62	0.36	0.94	0	31	Ø40	1.24	0.05	16.46	16.3	11.63	60	60	48	30

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
167	0.713	0.856	2.59	0.36	0.93	0	31	Ø40	1.24	0.05	16.3	16.26	11.63	60	60	48	30
175	7.059	8.471	1.99	0.37	0.74	0	31	Ø40	0.98	0.033	16.26	15.98	11.63	60	59.9	48	30
182	6.236	7.483	1.59	0.38	0.6	0	24.8	Ø32	1.25	0.067	15.98	15.48	10.2	59.9	59.9	35	30
199	6.106	7.327	1.3	0.41	0.53	0	24.8	Ø32	1.1	0.053	15.48	15.1	10.19	59.9	59.9	35	30
203	6.329	7.595	1.23	0.42	0.51	0	24.8	Ø32	1.06	0.05	15.1	14.72	10.18	59.9	59.8	35	30
207	6.251	7.501	1.17	0.43	0.5	0	24.8	Ø32	1.03	0.047	14.72	14.37	10.16	59.8	59.8	35	30
211	5.733	6.88	1.1	0.44	0.48	0	20.4	Ø25	1.46	0.114	14.37	13.58	8.96	59.8	59.7	28	30
212	5.539	6.647	0.84	0.49	0.41	0	20.4	Ø25	1.26	0.086	13.58	13.01	8.95	59.7	59.7	28	30
216	6.268	7.522	0.78	0.51	0.4	0	20.4	Ø25	1.21	0.081	13.01	12.4	8.94	59.7	59.6	28	30
220	6.267	7.52	0.71	0.54	0.38	0	20.4	Ø25	1.17	0.075	12.4	11.84	8.92	59.6	59.6	28	30
224	8.708	10.45	0.65	0.57	0.37	0	20.4	Ø25	1.13	0.071	11.84	11.1	8.91	59.6	59.5	28	30
230	6.263	7.516	0.43	0.69	0.3	0	16.2	Ø20	1.43	0.145	11.1	10.01	7.9	59.5	59.5	22	30
236	7.064	8.477	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	10.01	9.32	7.89	59.5	59.4	22	30
237	0.129	0.154	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	9.32	9.3	7.87	59.4	59.4	22	30

## Local húmedo

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
238	2.287	2.745	0.22	1.00	0.22	0	16.2	Ø20	1.04	0.082	8.3	8.08	7.87	59.4	59.4	22	30

## Derivación de aparato

Tuberías																	
Referencia	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>eq</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	h (m)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (mca/m)	P <sub>ent</sub> (mca)	P <sub>sal</sub> (mca)	E <sub>p</sub> (W/m)	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	D <sub>ais</sub> (mm)	E <sub>ais</sub> (mm)
240	4.468	5.362	0.15	1.00	0.15	-2.15	16.2	Ø20	0.73	0.043	8.08	10	7.86	59.4	59.3	22	30

Abreviaturas utilizadas				
P	Presión (mca)		D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial (mm)
P <sub>min</sub>	Presión mínima (mca)		D <sub>com</sub>	Diámetro comercial (mm)

Abreviaturas utilizadas			
$P_{m\acute{a}x}$	Presión máxima (mca)	$L_r$	Longitud medida sobre planos (m)
$P_{ent}$	Presión de entrada (mca)	$L_{eq}$	Longitud equivalente (m)
$P_{sal}$	Presión de salida (mca)	$E_p$	Flujo de calor lineal (W/m)
$Q$	Caudal (l/s)	$T_{ent}$	Temperatura de entrada (°C)
$Q_b$	Caudal bruto (l/s)	$T_{sal}$	Temperatura de salida (°C)
$K$	Coefficiente de simultaneidad	$D_{ais}$	Diámetro interior del aislamiento térmico (mm)
$Q_s$	Caudal, con simultaneidad aplicada ( $Q_b \times K$ ) (l/s)	$E_{ais}$	Espesor del aislamiento térmico (mm)
$J$	Pérdida de carga localizada (mca)	$h$	Desnivel (%)
$J$	Pérdida de carga del tramo (mca/m)	$v$	Velocidad (m/s)
$D$	Diámetro (mm)		

## RESULTADOS RED DE RESIDUALES MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO.

### AC1

#### Derivación individual

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
13	0.456	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
14	0.558	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
16	2.056	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
17	0.104	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
18	0.104	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
20	2.011	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
22	0.245	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
25	3.033	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
26	0.138	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110

Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
29	1.598	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
30	0.231	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
31	0.231	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
32	0.302	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
33	0.302	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
36	1.907	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
37	0.182	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
38	0.538	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
39	0.332	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
40	0.53	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
44	1.9	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
45	0.143	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
46	0.46	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
47	0.164	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
48	0.441	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
56	1.992	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
57	0.561	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
58	0.182	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
59	0.182	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
60	0.198	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
61	0.198	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
65	1.969	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
66	0.499	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
67	0.159	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
68	0.159	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
69	0.225	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
70	0.225	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
74	2.151	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50

Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
75	0.732	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
76	0.168	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
77	0.168	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
78	0.168	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
79	0.168	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
87	0.254	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
88	0.254	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
89	0.348	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
90	0.348	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
94	0.178	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
95	0.178	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
96	0.321	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
97	0.176	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
101	0.265	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
102	0.169	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
103	0.465	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
104	0.17	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
115	0.611	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
116	0.764	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
118	0.124	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
119	0.239	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
120	0.239	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
124	0.806	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
125	1.061	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
126	0.106	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
127	0.106	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
128	0.211	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
129	0.211	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
133	0.756	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
134	0.92	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
138	0.407	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
139	1.309	1.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	-	44	50
143	1.64	1.00	-	-	-	50	0.5	1.00	0.5	-	-	44	50
144	0.12	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
145	0.12	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
146	0.568	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40
150	0.25	1.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	-	-	104	110
151	1.119	1.00	-	-	-	50	0.5	1.00	0.5	-	-	44	50
152	1.319	1.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	-	34	40

**Ramal colector**

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH9	0.85	3.00	-	-	-	110	6.75	0.57	3.86	35.63	1.43	104	110
TH10	2.269	3.00	-	-	-	110	4.5	0.69	3.09	31.68	1.35	104	110
TH11	1.521	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH12	1.998	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH15	2.495	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH19	1.684	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH21	0.245	3.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	21.95	1.09	104	110
TH23	3.373	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH24	0.176	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH27	0.895	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH28	0.895	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH34	0.745	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH35	0.898	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH42	1.026	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH43	0.617	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH53	1.302	3.00	-	-	-	110	5.25	0.69	3.6	34.35	1.41	104	110
TH54	0.711	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH55	1.156	3.00	-	-	-	50	2.25	1.00	2.25	48.12	1.26	69	75
TH62	1.265	3.00	-	-	-	110	5.25	0.69	3.6	34.35	1.41	104	110
TH63	0.829	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH64	1.215	3.00	-	-	-	50	2.25	1.00	2.25	48.12	1.26	69	75
TH71	1.401	3.00	-	-	-	110	5.25	0.69	3.6	34.35	1.41	104	110
TH72	0.703	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH73	0.91	3.00	-	-	-	50	2.25	1.00	2.25	48.12	1.26	69	75
TH84	1.182	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH85	0.844	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH86	1.945	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH91	1.35	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH92	0.872	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH93	1.702	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH98	1.174	3.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	31.24	1.34	104	110
TH99	0.899	3.00	-	-	-	110	2.25	1.00	2.25	26.91	1.23	104	110
TH100	1.864	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH111	6.546	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH112	0.479	3.00	-	-	-	110	4.5	0.69	3.09	31.68	1.35	104	110
TH113	1.306	3.00	-	-	-	110	3	0.80	2.41	27.85	1.25	104	110
TH114	2.23	3.00	-	-	-	75	1.5	1.00	1.5	38.37	1.14	69	75
TH115	0.195	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75

**Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.**

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH117	0.124	3.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	21.95	1.09	104	110
TH121	0.433	3.00	-	-	-	110	4.5	0.69	3.09	31.68	1.35	104	110
TH122	1.341	3.00	-	-	-	110	3	0.80	2.41	27.85	1.25	104	110
TH123	2.138	3.00	-	-	-	75	1.5	1.00	1.5	38.37	1.14	69	75
TH124	0.31	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH130	2.384	3.00	-	-	-	90	4.5	0.80	3.61	47.05	1.42	84	90
TH131	0.916	3.00	-	-	-	75	3	1.00	3	42.38	1.35	84	90
TH132	4.276	3.00	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	38.37	1.14	69	75
TH135	4.559	3.00	-	-	-	110	3.5	0.80	2.81	30.15	1.31	104	110
TH136	2.054	3.00	-	-	-	110	2	1.00	2	25.35	1.19	104	110
TH137	1.187	3.00	-	-	-	110	0.5	1.00	0.5	12.84	0.79	104	110
TH140	1.825	3.00	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	26.71	0.93	69	75
TH141	0.789	3.00	-	-	-	110	2.75	0.80	2.21	26.64	1.22	104	110
TH142	2.2	3.00	-	-	-	110	2	1.00	2	25.35	1.19	104	110
TH147	0.476	3.00	-	-	-	110	2.75	0.80	2.21	26.64	1.22	104	110
TH148	2.152	3.00	-	-	-	110	2	1.00	2	25.35	1.19	104	110
TH149	0.352	3.00	-	-	-	110	1.5	1.00	1.5	21.95	1.09	104	110

**Colector enterrado**

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH1	6.097	2.00	-	-	-	160	71.25	0.31	21.74	41.53	1.91	192	200
TH2	12.76	2.00	-	-	-	160	47.25	0.33	15.7	48.44	1.76	154	160
TH3	10.212	2.00	-	-	-	160	47.25	0.33	15.7	48.44	1.76	154	160
TH4	14.217	2.00	-	-	-	125	36	0.35	12.68	42.89	1.67	154	160

**Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.**

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH5	14.528	2.00	-	-	-	125	20.25	0.40	8.15	49.43	1.5	119	125
TH6	6.323	2.00	-	-	-	110	12.75	0.46	5.85	40.95	1.37	119	125
TH7	2.261	2.00	-	-	-	110	9	0.51	4.61	43.81	1.3	104	110
TH8	10.566	2.00	-	-	-	110	9	0.51	4.61	43.81	1.3	104	110
TH41	5.999	2.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	34.75	1.16	104	110
TH49	12.423	2.00	-	-	-	125	15.75	0.45	7.03	45.37	1.44	119	125
TH50	12.212	2.00	-	-	-	110	15.75	0.45	7.03	45.37	1.44	119	125
TH51	6.105	2.00	-	-	-	110	10.5	0.51	5.37	47.83	1.35	104	110
TH52	6.205	2.00	-	-	-	110	5.25	0.69	3.6	38.28	1.21	104	110
TH80	7.082	2.00	-	-	-	110	11.25	0.49	5.52	48.59	1.36	104	110
TH81	12.274	2.00	-	-	-	110	11.25	0.49	5.52	48.59	1.36	104	110
TH82	6.182	2.00	-	-	-	110	7.5	0.57	4.29	42.11	1.27	104	110
TH83	6.24	2.00	-	-	-	110	3.75	0.80	3.01	34.75	1.16	104	110
TH105	7.503	2.00	-	-	-	125	24	0.38	9.03	35.66	1.52	154	160
TH106	2.111	2.00	-	-	-	125	21.25	0.39	8.3	49.95	1.5	119	125
TH107	2.449	2.00	-	-	-	125	18.5	0.41	7.58	47.36	1.47	119	125
TH108	1.386	2.00	-	-	-	110	17.75	0.42	7.4	46.74	1.46	119	125
TH109	4.064	2.00	-	-	-	110	9.75	0.49	4.78	44.76	1.31	104	110
TH110	6.704	2.00	-	-	-	110	5.25	0.62	3.25	36.18	1.18	104	110

**Derivación individual**

Tuberías verticales												
Ref.	L (m)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico				D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
						Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	r (%)			
1	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40	
2	0.65	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110	

Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías verticales											
Ref.	L (m)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico				D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
						Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	r (%)		
1	0.01	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
3	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
4	0.629	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
5	1.113	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
6	0.713	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
7	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
8	0.629	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
9	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
10	0.611	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
11	0.637	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
12	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
13	0.512	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
14	0.537	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
15	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
16	0.513	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
17	0.531	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
18	0.55	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
19	1.064	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
20	0.651	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
21	0.672	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
22	0.55	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
23	1.065	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
24	0.653	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
25	0.677	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
26	0.55	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
27	1.064	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
28	0.645	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
29	0.667	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110

Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

Tuberías verticales											
Ref.	L (m)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico				D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
						Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	r (%)		
30	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
31	0.653	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
32	0.677	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
33	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
34	0.647	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
35	0.672	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
36	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
37	0.652	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
38	0.677	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
39	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
40	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
41	1.054	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
42	0.574	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
43	0.613	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
44	0.5	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
45	0.507	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
46	0.579	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
47	0.717	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
48	1	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
49	1.121	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
50	1.146	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
51	1	-	-	-	100	0.5	1.00	0.5	-	103	110
52	1.032	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
53	1.084	-	-	-	50	1.5	1.00	1.5	-	46	50
54	1.05	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40
55	0.55	-	-	-	50	0.5	1.00	0.5	-	46	50
56	0.514	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
57	1.127	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40

Tuberías verticales											
Ref.	L (m)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico				D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
						Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	r (%)		
58	0.6	-	-	-	100	1.5	1.00	1.5	-	103	110
59	0.502	-	-	-	50	0.5	1.00	0.5	-	46	50
60	1.114	-	-	-	40	0.75	1.00	0.75	-	36	40

### RESULTADOS RED DE PLUVIALES MÉTODO RACIONAL SIMPLIFICADO.

**Localidad** Alicante, Banyeres de Mariola  
**Descripción** Zona: B, Isoyeta: 50  
**Intensidad pluviométrica** 110 mm/h

#### AC2

#### Derivación individual (P)

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH164	0.548	1.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	-	-	84	90
TH177	0.678	1.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	-	-	84	90
TH187	0.402	1.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	-	-	84	90

#### Colector enterrado (P)

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>mín</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH153	3.871	3.00	-	-	-	200	61.68	1.00	61.68	69.91	2.85	192	200
TH154	5.004	3.00	-	-	-	160	47.09	1.00	47.09	58.04	2.7	192	200

Tuberías horizontales													
Tramo	L (m)	i (%)	Q (l/s)	UDs	S (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico					D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
							Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)		
TH155	9.888	3.00	-	-	-	125	23.48	1.00	23.48	54.58	2.27	154	160
TH156	7.723	3.00	-	-	-	125	19.41	1.00	19.41	78.03	2.1	119	125
TH157	12.846	3.00	-	-	-	90	12.21	1.00	12.21	71.46	1.89	104	110
TH158	7.634	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH159	7.086	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH160	1.179	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH163	10.951	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH168	10.651	3.00	-	-	-	125	23.62	1.00	23.62	54.78	2.27	154	160
TH169	8.941	3.00	-	-	-	125	12.3	1.00	12.3	56.05	1.93	119	125
TH170	9.745	3.00	-	-	-	125	12.3	1.00	12.3	56.05	1.93	119	125
TH171	11.069	3.00	-	-	-	125	12.3	1.00	12.3	56.05	1.93	119	125
TH172	12.452	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH173	1.086	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH176	13.782	3.00	-	-	-	90	4.07	1.00	4.07	50.46	1.47	84	90
TH180	6.165	3.00	-	-	-	125	14.59	1.00	14.59	62.60	2	119	125
TH181	6.882	3.00	-	-	-	125	10.52	1.00	10.52	50.96	1.86	119	125
TH182	7.692	3.00	-	-	-	125	6.04	1.00	6.04	37.31	1.61	119	125
TH183	0.84	3.00	-	-	-	125	6.04	1.00	6.04	37.31	1.61	119	125

Abreviaturas utilizadas			
Ref.	Referencia en planos	K	Coficiente de simultaneidad
D <sub>min</sub>	Diámetro mínimo (mm)	Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (l/s)
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial (mm)	UDs	Unidades de desagüe
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial (mm)	S	Área proyectada (m <sup>2</sup> )
L	Longitud medida sobre planos (m)	r	Nivel de llenado (%)
i	Pendiente (%)	Y/D	Nivel de llenado (%)
Q	Caudal (l/s)	v	Velocidad (m/s)

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



## Abreviaturas utilizadas

$Q_b$	Caudal bruto (l/s)		
-------	--------------------	--	--

## RESULTADOS RED DE VENTILACIÓN MÉTODO DE VELOCIDAD CONSTANTE

Generador 1

Referencia	Código	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
					Anchura	Altura						
<b>Tramo de conducto: G5 - G35</b>												
G5	X-GRILLE-Basic-A/325x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	260,42							88,96	-88,96	
D1	KD24424	Transición	260,42							0	-94,82	
D13	KD24424	Conducto rígido	260,42	283	300	225	3,86	1,48	0,785	1,16	-95,98	Climaver neto
D12	KD24424	Transición	260,42							0,37	-96,36	
D18	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	385,42							0	-97,84	
D14	KD24424	Conducto rígido	385,42	339	350	275	4	0,57	0,671	0,38	-98,22	Climaver neto
D19	KD24424	Transición	385,42							0	-103,42	
D34	KD24424	Conducto rígido	1166,68	589	650	450	3,99	10,81	0,336	3,63	-107,05	Climaver neto
D20	KD24424	Codo	1166,68							1,83	-108,88	
D128	KD24424	Conducto rígido	1166,68	589	650	450	3,99	0,25	0,336	0,08	-108,96	Climaver neto
D21	KD24424	Transición	1166,68							1,7	-110,66	
D23	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura de entrada)	5854,15							0	-127,59	
D10	KD24424	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	4,04	0,121	0,49	-128,08	Climaver neto
D27	KD24424	Transición	5854,15							0	-301,52	
HRU158	Generador 1	Recuperador de calor	5854,15								8280	
D37	KD24424	Transición	5854,15							0	197,94	
D157	KD24424	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	0,3	0,121	0,04	197,94	Climaver neto
D38	KD24424	Codo	5854,15							0	188,26	
D163	KD24424	Conducto rígido	5854,15	1332	1500	1000	3,9	0,59	0,121	0,07	188,26	Climaver neto
D39	KD24424	Transición	5854,15							0	187,25	
G35	WG600X1650	Rejilla de intemperie	5854,15							187,25	187,25	
<b>Tramo de conducto: G8 - D23</b>												
G8	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
D28	KD24424	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	15,27	0,271	4,13	-45,45	Climaver neto
D40	KD24424	Codo	1562,49							1,78	-47,23	
D15	KD24424	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	0,74	0,271	0,2	-47,43	Climaver neto
D41	KD24424	Codo	1562,49							12,17	-59,6	
D16	KD24424	Conducto rígido	1562,49	687	800	500	3,91	0,8	0,271	0,22	-59,82	Climaver neto
D45	KD24424	Transición	1562,49							0	-62,55	
D26	KD24424	Conducto rígido	3124,98	976	1000	800	3,91	15,66	0,174	2,72	-65,27	Climaver neto
D46	KD24424	Codo	3124,98							1,7	-66,96	
D25	KD24424	Conducto rígido	3124,98	976	1000	800	3,91	0,99	0,174	0,17	-67,14	Climaver neto
D47	KD24424	Transición	3124,98							0,41	-67,54	
D48	KD24424	Codo	3124,98							0,74	-68,28	
D24	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	15,26	0,135	2,07	-70,35	Climaver neto
D49	KD24424	Codo	4687,47							1,67	-72,02	
D32	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	1,08	0,135	0,15	-72,17	Climaver neto
D53	KD24424	Codo	4687,47							11,43	-83,6	
D29	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	0,26	0,135	0,04	-83,63	Climaver neto
D54	KD24424	Codo	4687,47							1,67	-85,3	
D31	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	3,12	0,135	0,42	-85,73	Climaver neto
D55	KD24424	Codo	4687,47							1,67	-87,4	
D33	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	0,26	0,135	0,04	-87,43	Climaver neto
D56	KD24424	Codo	4687,47							11,43	-98,86	
D36	KD24424	Conducto rígido	4687,47	1196	1200	1000	3,91	1,6	0,135	0,22	-99,07	Climaver neto
D23	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura de entrada)	5854,15							0	-127,59	
<b>Tramo de conducto: G13</b>												
G13	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



<b>Tramo de conducto: G12</b>												
G12	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G50 - D18</b>												
G50	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	125							72,72	-72,72	
D57	KD24424	Transición	125							0	-73,43	
D51	KD24424	Conducto rígido	125	190	250	125	4	1,25	1	1,8	-75,23	Climaver neto
D58	KD24424	Transición	125							0,44	-75,67	
D18	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	385,42							0	-97,84	
<b>Tramo de conducto: G6</b>												
G6	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G7</b>												
G7	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G1</b>												
G1	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G2</b>												
G2	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G3</b>												
G3	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G4</b>												
G4	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G14</b>												
G14	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	390,63							62,53	-62,53	
<b>Tramo de conducto: G36</b>												
G36	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	390,63							62,53	-62,53	
<b>Tramo de conducto: G33 - G47</b>												
G33	WG/800X1320	Rejilla de interperie	6125,15							183,68	-183,68	
D59	KD24424	Transición	6125,15							0	-188,88	
D166	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,1	0,121	0,13	-189,01	Climaver neto
D60	KD24424	Codo	6125,15							10,53	-199,55	
D167	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	0,3	0,121	0,04	-199,58	Climaver neto
D61	KD24424	Transición	6125,15							0	-1903,09	
HRU158	Generador 1	Recuperador de calor	6125,15								2055,97	
D159	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,02	0,121	0,12	152,87	Climaver neto
D62	KD24424	Codo	6125,15							0	152,68	
D11	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,21	0,121	0,15	152,68	Climaver neto
D63	KD24424	Codo	6125,15							0	140,49	
D35	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	1,38	0,121	0,17	140,49	Climaver neto
D64	KD24424	Codo	6125,15							0	128,28	
D8	KD24424	Conducto rígido	6125,15	1354	1400	1100	3,98	8	0,121	0,97	128,28	Climaver neto
D65	KD24424	Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	1182,68							3,59	127,31	
D66	KD24424	Transición	1182,68							0	122,51	
D70	KD24424	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	1,42	0,319	0,45	122,51	Climaver neto
D67	KD24424	Codo	1182,68							0	120,35	
D71	KD24424	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	2,35	0,319	0,75	120,35	Climaver neto
D68	KD24424	Codo	1182,68							0	117,9	
D17	KD24424	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	0,11	0,319	0,03	117,9	Climaver neto
D69	KD24424	Codo	1182,68							0	116,16	
D42	KD24424	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	2,61	0,319	0,83	116,16	Climaver neto
D72	KD24424	Codo	1182,68							0	113,29	
D43	KD24424	Conducto rígido	1182,68	598	600	500	3,94	8,53	0,319	2,72	113,29	Climaver neto
G47	X-GRILLE-Basic-A/225x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	264,42							110,58	110,58	
<b>Tramo de conducto: G45</b>												
D74	KD24424	Codo	789,26							0	97,3	
D75	KD24424	Transición	789,26							0	96,99	
D44	KD24424	Conducto rígido	789,26	488	500	400	3,95	13,12	0,413	5,42	96,99	Climaver neto
G45	X-GRILLE-Basic-A/325x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	394,63							91,57	91,57	
<b>Tramo de conducto: G46</b>												
G46	X-GRILLE-Basic-A/325x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	394,63							91,57	91,57	
<b>Tramo de conducto: G48</b>												
G48	X-GRILLE-Basic-A/325x125/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	129							73,59	73,59	
<b>Tramo de conducto: D65 - G19</b>												
D65	KD24424	Bifurcación (Embocadura 2)	3870,81							-0,17	93,7	
D77	KD24424	Transición	3870,81							0	93,54	
D8	KD24424	Conducto rígido	3870,81	1086	1100	900	3,91	3,26	0,153	0,5	93,54	Climaver neto
D78	KD24424	Codo	3334,98							0	91,79	
D79	KD24424	Transición	3334,98							0	91,65	
D7	KD24424	Conducto rígido	3334,98	993	1200	700	3,97	1,19	0,18	0,21	91,65	Climaver neto
D80	KD24424	Codo	3334,98							0	89,59	
D6	KD24424	Conducto rígido	3334,98	993	1200	700	3,97	15,35	0,18	2,76	89,59	Climaver neto
D81	KD24424	Codo	1667,49							0	86,36	

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D83	KD24424	Transición	1667,49							0	85,89	
D5	KD24424	Conducto rígido	1667,49	708	700	600	3,97	0,12	0,263	0,03	85,89	Climaver neto
D85	KD24424	Codo	1667,49							0	74,15	
D4	KD24424	Conducto rígido	1667,49	708	700	600	3,97	14,46	0,263	3,8	74,15	Climaver neto
G19	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G20</b>												
G20	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G133</b>												
G133	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G15</b>												
G15	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G16</b>												
G16	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G17</b>												
G17	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35	
<b>Tramo de conducto: G9</b>												
G9	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42	
<b>Tramo de conducto: G10</b>												
G10	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42	
<b>Tramo de conducto: G11</b>												
G11	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42	
<b>Generador 2</b>												
<b>Tramo de conducto: G32 - G55</b>												
G32	WG/400X1980	Rejilla de interperie	4455,2							178,13	-178,13	
D106	KD24424	Transición	4455,2							0	-182,83	
D127	KD24424	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	0,38	0,152	0,06	-182,89	Climaver neto
D107	KD24424	Codo	4455,2							9,74	-192,63	
D132	KD24424	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	2,24	0,152	0,34	-192,97	Climaver neto
D108	KD24424	Transición	4455,2							0	-1094,22	
HRU1	Generador 1	Recuperador de calor	4455,2								3484,85	
D109	KD24424	Transición	4455,2							0	91,52	
D9	KD24424	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	0,8	0,152	0,12	91,52	Climaver neto
D110	KD24424	Codo	4455,2							0	79,5	
D120	KD24424	Conducto rígido	4455,2	1146	1400	800	3,98	1,59	0,152	0,24	79,5	Climaver neto
D111	KD24424	Bifurcación (Embocadura 2)	4405,2							-0,09	79,26	
D112	KD24424	Transición	4405,2							0	79,33	
D120	KD24424	Conducto rígido	4405,2	1146	1100	1000	4	0,71	0,149	0,11	79,33	Climaver neto
D114	KD24424	Codo	4405,2							0	77,53	
D3	KD24424	Conducto rígido	4405,2	1146	1100	1000	4	25,94	0,149	3,87	77,53	Climaver neto
D116	KD24424	Codo	1101,3							0	73,55	
D117	KD24424	Transición	1101,3							0	71,92	
D2	KD24424	Conducto rígido	1101,3	573	550	500	4	6,77	0,345	2,33	71,92	Climaver neto
G55	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G56</b>												
G56	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G24</b>												
G24	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G25</b>												
G25	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G26</b>												
G26	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G27</b>												
G27	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G28</b>												
G28	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: G29</b>												
G29	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59	
<b>Tramo de conducto: D111 - G169</b>												
D111	KD24424	Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	50							0,51	33,05	
D118	KD24424	Transición	50							0	30,72	
D174	KD24424	Conducto rígido	50	122	125	100	4	0,36	2	0,87	30,72	Climaver neto
D119	KD24424	Codo	50							0	28,07	
D175	KD24424	Conducto rígido	50	122	125	100	4	2,15	2	5,16	28,07	Climaver neto
D121	KD24424	Codo	50							0	21,14	
D160	KD24424	Conducto rígido	50	122	125	100	4	3,13	2	7,51	21,14	Climaver neto
D122	KD24424	Codo	50							0	11,85	
D168	KD24424	Conducto rígido	50	122	125	100	4	2,05	2	4,92	11,85	Climaver neto
D123	KD24424	Transición	50							0	4,07	
G169	AF-0-AG/325x75	Rejilla de impulsión	50							4,07	4,07	
<b>Tramo de conducto: G112 - G142</b>												

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



G112	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,93								65,09	-65,09	
D103	KD24424	Conducto rígido	3255,23	988	1100	750	3,95	27,04	0,176	4,76	-69,86		Climaver neto
D124	KD24424	Transición	3255,23							0,03	-69,89		
D125	KD24424	Codo	3255,23							12,11	-82		
D84	KD24424	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	2	0,177	0,35	-82,35		Climaver neto
D126	KD24424	Codo	3305,23							12,49	-94,84		
D73	KD24424	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	1,62	0,177	0,29	-95,13		Climaver neto
D129	KD24424	Transición	3305,23							0	-271,43		
HRU1	Generador 1	Recuperador de calor	3305,23								2912,42		
D130	KD24424	Transición	3305,23							0	160,8		
D139	KD24424	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	1,71	0,177	0,3	160,8		Climaver neto
D131	KD24424	Codo	3305,23							0	159,15		
D141	KD24424	Conducto rígido	3305,23	993	1200	700	3,93	0,35	0,177	0,06	159,15		Climaver neto
D133	KD24424	Transición	3305,23							0	158,58		
G142	WG/400X1650	Rejilla de intemperie	3305,23							158,58	158,58		
<b>Tramo de conducto: G21</b>													
G21	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G104</b>													
G104	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G105</b>													
G105	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G106</b>													
G106	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G107</b>													
G107	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G108</b>													
G108	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G110</b>													
G110	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9								65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G18</b>													
G18	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	50								29,59	-29,59	
<b>Aseos norte</b>													
<b>Tramo de conducto: G39 - F189</b>													
G39	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	
D186	KD24424	Conducto rígido	45	122	125	100	3,6	6,27	2	12,36	-21,83		Climaver neto
D86	KD24424	Transición	45							1,16	-22,99		
D87	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-25,97		
D187	KD24424	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,12	2	0,26	-26,23		Climaver neto
D88	KD24424	Transición	60							0	-26,23		
D89	KD24424	Codo	60							1,43	-27,66		
D188	KD24424	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,31	2	0,67	-28,33		Climaver neto
D90	KD24424	Transición	60							0	-35,45		
F189	VENT, AULAS	Ventilador	60								35,45		
<b>Tramo de conducto: G57</b>													
G57	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G58</b>													
G58	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G59 - D87</b>													
G59	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	
D203	KD24424	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,41	0,453	0,64	-10,11		Climaver neto
D206	KD24424	Codo	15							0,15	-10,26		
D192	KD24424	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,36	0,453	0,62	-10,88		Climaver neto
D87	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-25,97		
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Despensa y Grupo Electrónico</b>													
<b>Tramo de conducto: G31 - F162</b>													
G31	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	420								67,15	-67,15	
D94	KD24424	Transición	420							0	-73,97		
D91	KD24424	Conducto rígido	481	383	350	350	3,93	2,62	0,551	1,44	-75,41		Climaver neto
D95	KD24424	Transición	481							0,33	-75,74		
D96	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	996							0	-77,64		
D97	KD24424	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	0,24	0,363	0,09	-77,72		Climaver neto
D98	KD24424	Codo	996							11,19	-88,91		
D153	KD24424	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	0,36	0,363	0,13	-89,04		Climaver neto
D99	KD24424	Codo	996							11,19	-100,23		
D161	KD24424	Conducto rígido	996	547	500	500	3,98	1,7	0,363	0,62	-100,85		Climaver neto
D100	KD24424	Transición	996							0	-117,92		
F162	Ventilador sur	Ventilador	996								117,92		
<b>Tramo de conducto: G101 - D96</b>													
G101	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	395								63,21	-63,21	

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D104	KD24424	Transición	395							0	-69,97	
D102	KD24424	Conducto rígido	515	400	450	300	3,81	1,79	0,505	0,9	-70,88	Climaver neto
D105	KD24424	Transición	515							0,43	-71,31	
D96	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	996							0	-77,64	
<b>Tramo de conducto: G103</b>												
G103	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	120							69,84	-69,84	
<b>Tramo de conducto: G40</b>												
G40	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	61							35,92	-35,92	
<b>Vestuario personal</b>												
<b>Tramo de conducto: G42 - F114</b>												
G42	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	16							10,04	-10,04	
D136	KD24424	Transición	16							0	-10,32	
D101	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,46	0,509	0,24	-10,56	Climaver neto
D134	KD24424	Transición	16							0,05	-10,6	
D135	KD24424	Codo	16							0,18	-10,79	
D76	KD24424	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	4,92	2	10,09	-20,88	Climaver neto
D137	KD24424	Codo	46							1,29	-22,17	
D93	KD24424	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	1,73	2	3,56	-25,73	Climaver neto
D138	KD24424	Codo	46							1,29	-27,02	
D113	KD24424	Conducto rígido	46	122	125	100	3,68	0,78	2	1,6	-28,63	Climaver neto
D140	KD24424	Transición	46							0	-35,07	
F114	Vent, 1	Ventilador	46								35,07	
<b>Tramo de conducto: G23</b>												
G23	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G114</b>												
G114	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
<b>Aseos aulas</b>												
<b>Tramo de conducto: G30 - F189</b>												
G30	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D142	KD24424	Transición	30							0	-19,07	
D154	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,52	2	0,84	-19,91	Climaver neto
D145	KD24424	Codo	30							0,91	-20,82	
D155	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	5,01	2	8,04	-28,86	Climaver neto
D146	KD24424	Transición	30							0,24	-29,1	
D147	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	60							0	-29,33	
D186	KD24424	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,96	2	2,1	-31,42	Climaver neto
D148	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	90							0	-33,78	
D187	KD24424	Conducto rígido	90	164	150	150	4	0,54	2	0,89	-34,68	Climaver neto
D150	KD24424	Codo	90							1,63	-36,3	
D188	KD24424	Conducto rígido	90	164	150	150	4	0,26	2	0,42	-36,73	Climaver neto
D151	KD24424	Transición	90							0	-42,47	
F189	Vent, AULAS	Ventilador	90								42,47	
<b>Tramo de conducto: G190 - D148</b>												
G190	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D152	KD24424	Transición	30							0	-19,07	
D191	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,52	2	0,84	-19,91	Climaver neto
D156	KD24424	Codo	30							0,91	-20,82	
D192	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	4,53	2	7,26	-28,08	Climaver neto
D158	KD24424	Transición	30							0,2	-28,28	
D148	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	90							0	-33,78	
<b>Tramo de conducto: G193 - D147</b>												
G193	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D162	KD24424	Transición	30							0	-19,07	
D194	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,47	2	0,76	-19,83	Climaver neto
D147	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	60							0	-29,33	
<b>Cuarto de basuras</b>												
<b>Tramo de conducto: G38 - F1</b>												
G38	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	16							10,04	-10,04	
D30	KD24424	Transición	16							0	-10,32	
D149	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,58	0,509	0,3	-10,62	Climaver neto
D50	KD24424	Codo	16							0,26	-10,88	
D22	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,1	0,509	0,05	-10,93	Climaver neto
D52	KD24424	Transición	16							0	-12,22	
F1	Vent, 1	Ventilador	16								12,22	
<b>Aseos comedor</b>												
<b>Tramo de conducto: G34 - F145</b>												
G34	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D197	KD24424	Transición	30							0	-19,07	

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D115	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	2,95	2	4,74	-23,81	Climaver neto
D198	KD24424	Transición	30							0,2	-24,01	
D199	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-24,68	
D143	KD24424	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,92	2	1,99	-26,67	Climaver neto
D200	KD24424	Transición	60							0	-26,67	
D201	KD24424	Codo	60							1,43	-28,11	
D144	KD24424	Conducto rígido	60	133	150	100	4	0,24	2	0,53	-28,64	Climaver neto
D202	KD24424	Transición	60							0	-35,75	
F145	Vent, 1	Ventilador	60							0	35,75	
<b>Tramo de conducto: G22 - D199</b>												
G22	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D204	KD24424	Transición	30							0	-19,07	
D82	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,93	2	1,5	-20,57	Climaver neto
D205	KD24424	Codo	30							0,91	-21,48	
D92	KD24424	Conducto rígido	30	109	100	100	3	0,35	2	0,56	-22,04	Climaver neto
D207	KD24424	Transición	30							0,2	-22,24	
D199	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-24,68	
<b>Cocina</b>												
<b>Tramo de conducto: G37 - F145</b>												
G37	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	48							28,44	-28,44	
D208	KD24424	Transición	48							0	-28,9	
D143	KD24424	Conducto rígido	48	122	125	100	3,84	1,11	2	2,47	-31,37	Climaver neto
D209	KD24424	Transición	48							0	-31,37	
D210	KD24424	Codo	48							1,41	-32,78	
D144	KD24424	Conducto rígido	48	122	125	100	3,84	0,23	2	0,51	-33,29	Climaver neto
D211	KD24424	Transición	48							0	-40,31	
F145	Vent, 1	Ventilador	48							0	40,31	

## MÉTODO DE ROZAMIENTO CONSTANTE (PÉRDIDA DE PRESIÓN LINEAL MÁXIMA)

Generador 1												
Referencia	Código	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
					Anchura	Altura						
<b>Tramo de conducto: G8 - G35</b>												
G8	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
D28	KD24424	Conducto rígido	1562,49	533	600	400	6,51	15,57	0,962	14,98	-56,3	Climaver neto
D1	KD24424	Codo	1562,49							4,9	-61,2	
D15	KD24424	Conducto rígido	1562,49	533	600	400	6,51	0,57	0,962	0,55	-61,74	Climaver neto
D12	KD24424	Codo	1562,49							4,9	-66,64	
D16	KD24424	Conducto rígido	1562,49	533	600	400	6,51	0,46	0,962	0,44	-67,08	Climaver neto
D18	KD24424	Transición	1562,49							0	-73,44	
D26	KD24424	Conducto rígido	3124,98	700	750	550	7,58	16,17	0,917	14,83	-88,27	Climaver neto
D19	KD24424	Codo	3124,98							6,54	-94,81	
D25	KD24424	Conducto rígido	3124,98	700	750	550	7,58	2,06	0,917	1,89	-96,7	Climaver neto
D20	KD24424	Transición	3124,98							1,33	-98,03	
D21	KD24424	Codo	3124,98							3,35	-101,38	
D24	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	16,46	0,913	15,02	-116,4	Climaver neto
D23	KD24424	Codo	4687,47							7,53	-123,94	
D32	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	1,1	0,913	1	-124,94	Climaver neto
D27	KD24424	Codo	4687,47							7,53	-132,48	
D29	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,28	0,913	0,26	-132,74	Climaver neto
D37	KD24424	Codo	4687,47							7,53	-140,27	
D31	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	4,32	0,913	3,95	-144,22	Climaver neto
D38	KD24424	Codo	4687,47							7,53	-151,75	
D33	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,28	0,913	0,26	-152,01	Climaver neto
D39	KD24424	Codo	4687,47							7,53	-159,54	
D36	KD24424	Conducto rígido	4687,47	818	800	700	8,37	0,44	0,913	0,4	-159,95	Climaver neto

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D40	KD24424	Transición	4687,47							0,78	-160,73	
D41	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	5854,15							0	-169,7	
D10	KD24424	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	3,81	0,996	3,8	-173,5	Climaver neto
D45	KD24424	Transición	5854,15							0	-1126,27	
<b>HRU158</b>	<b>Generador 1</b>	<b>Recuperador de calor</b>	<b>5854,15</b>								<b>8942,47</b>	
D46	KD24424	Transición	5854,15							0	258,34	
D157	KD24424	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	0,72	0,996	0,72	258,34	Climaver neto
D47	KD24424	Codo	5854,15							0	198,64	
D163	KD24424	Conducto rígido	5854,15	875	800	800	9,15	0,78	0,996	0,78	198,64	Climaver neto
D48	KD24424	Transición	5854,15							0	187,25	
G35	WG/600X1650	Rejilla de intemperie	5854,15							187,25	187,25	
<b>Tramo de conducto: G13</b>												
G13	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G12</b>												
G12	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G6</b>												
G6	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G7</b>												
G7	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G1</b>												
G1	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G5 - D41</b>												
G5	X-GRILLE-Basic-A/325x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	260,42							88,96	-88,96	
D49	KD24424	Transición	260,42							0	-94,02	
D13	KD24424	Conducto rígido	260,42	272	275	225	4,21	1,48	0,968	1,43	-95,45	Climaver neto
D53	KD24424	Transición	260,42							0,4	-95,85	
D54	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	385,42							0	-98,49	
D14	KD24424	Conducto rígido	385,42	314	300	275	4,67	0,58	0,977	0,57	-99,06	Climaver neto
D55	KD24424	Transición	385,42							0	-104,52	
D34	KD24424	Conducto rígido	1166,68	477	550	350	6,06	10,98	0,966	10,6	-115,12	Climaver neto
D56	KD24424	Codo	1166,68							4,27	-119,39	
D128	KD24424	Conducto rígido	1166,68	477	550	350	6,06	0,05	0,966	0,05	-119,43	Climaver neto
D57	KD24424	Transición	1166,68							4,04	-123,47	
D41	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	5854,15							0	-169,7	
<b>Tramo de conducto: G2</b>												
G2	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G3</b>												
G3	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G4</b>												
G4	X-GRILLE-Basic-A/425x225/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	520,83							41,32	-41,32	
<b>Tramo de conducto: G50 - D54</b>												
G50	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	125							72,72	-72,72	
D58	KD24424	Transición	125							0	-74,49	
D51	KD24424	Conducto rígido	125	210	250	150	3,33	1,32	0,888	1,17	-75,66	Climaver neto
D59	KD24424	Transición	125							0,28	-75,94	
D54	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	385,42							0	-98,49	
<b>Tramo de conducto: G14</b>												
G14	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	390,63							62,53	-62,53	
<b>Tramo de conducto: G36</b>												
G36	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	390,63							62,53	-62,53	
<b>Tramo de conducto: G33 - G47</b>												
G33	WG/800X1320	Rejilla de intemperie	6125,15							183,68	-183,68	
D60	KD24424	Transición	6125,15							0	-185,46	
D166	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,61	0,955	0,58	-186,04	Climaver neto
D61	KD24424	Codo	6125,15							7,97	-194	
D167	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,32	0,955	0,31	-194,31	Climaver neto

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



HRU158	Generador 1	Recuperador de calor	6125,15									387,71	
D159	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	1,04	0,955	0,99	193,4		Climaver neto
D62	KD24424	Codo	6125,15							0	192,07		
D11	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,6	0,955	0,57	192,07		Climaver neto
D63	KD24424	Codo	6125,15							0	182,47		
D35	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	0,13	0,955	0,12	182,47		Climaver neto
D64	KD24424	Codo	6125,15							0	173,33		
D8	KD24424	Conducto rígido	6125,15	897	900	750	9,07	7,45	0,955	7,11	173,33		Climaver neto
D65	KD24424	Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	1182,68							20,8	166,22		
D66	KD24424	Transición	1182,68							0	144,51		
D70	KD24424	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	1,35	0,991	1,34	144,51		Climaver neto
D67	KD24424	Codo	1182,68							0	138,79		
D71	KD24424	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	2,5	0,991	2,47	138,79		Climaver neto
D68	KD24424	Codo	1182,68							0	131,93		
D17	KD24424	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	0,26	0,991	0,26	131,93		Climaver neto
D69	KD24424	Codo	1182,68							0	127,29		
D42	KD24424	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	2,84	0,991	2,82	127,29		Climaver neto
D72	KD24424	Codo	1182,68							0	119,22		
D43	KD24424	Conducto rígido	1182,68	477	550	350	6,14	8,72	0,991	8,64	119,22		Climaver neto
G47	X-GRILLE-Basic-A/225x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	264,42							110,58	110,58		
<b>Tramo de conducto: G45</b>													
D74	KD24424	Codo	789,26							0	105,16		
D75	KD24424	Transición	789,26							0	104,64		
D44	KD24424	Conducto rígido	789,26	409	400	350	5,64	13,07	1	13,07	104,64		Climaver neto
G45	X-GRILLE-Basic-A/325x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	394,63							91,57	91,57		
<b>Tramo de conducto: G46</b>													
G46	X-GRILLE-Basic-A/325x225/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	394,63							91,57	91,57		
<b>Tramo de conducto: G48</b>													
G48	X-GRILLE-Basic-A/325x125/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	129							73,59	73,59		
<b>Tramo de conducto: D65 - G19</b>													
D65	KD24424	Bifurcación (Embocadura 2)	3870,81							-0,92	128,95		
D77	KD24424	Transición	3870,81							0	128,74		
D8	KD24424	Conducto rígido	3870,81	755	800	600	8,06	4,01	0,942	3,78	128,74		Climaver neto
D78	KD24424	Codo	3334,98							0	119,48		
D79	KD24424	Transición	3334,98							0	119,01		
D7	KD24424	Conducto rígido	3334,98	708	700	600	7,94	2,58	0,982	2,53	119,01		Climaver neto
D80	KD24424	Codo	3334,98							0	109,65		
D6	KD24424	Conducto rígido	3334,98	708	700	600	7,94	16,85	0,982	16,54	109,65		Climaver neto
D81	KD24424	Codo	1667,49							0	91,4		
D83	KD24424	Transición	1667,49							0	90,28		
D5	KD24424	Conducto rígido	1667,49	543	550	450	6,74	1,08	0,99	1,07	90,28		Climaver neto
D85	KD24424	Codo	1667,49							0	84,21		
D4	KD24424	Conducto rígido	1667,49	543	550	450	6,74	14,01	0,99	13,86	84,21		Climaver neto
G19	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G20</b>													
G20	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G133</b>													
G133	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G15</b>													
G15	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G16</b>													
G16	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G17</b>													
G17	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	555,83							70,35	70,35		
<b>Tramo de conducto: G9</b>													
G9	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42		

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



<b>Tramo de conducto: G10</b>											
G10	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42
<b>Tramo de conducto: G11</b>											
G11	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	535,83							67,42	67,42
<b>Generador 2</b>											
<b>Tramo de conducto: G32 - G55</b>											
G32	WG/400X1980	Rejilla de intemperie	4455,2							178,13	-178,13
D107	KD24424	Transición	4455,2							0	-179,58
D127	KD24424	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	0,24	0,972	0,24	-179,82
D108	KD24424	Codo	4455,2							50,03	-229,85
D132	KD24424	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	2,61	0,972	2,54	-232,39
D109	KD24424	Transición	4455,2							0	-1133,64
HRU1	Generador 1	Recuperador de calor	4455,2								5641,22
D110	KD24424	Transición	4455,2							0	125,56
D9	KD24424	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	0,73	0,972	0,71	125,56
D111	KD24424	Codo	4455,2							0	117,31
D120	KD24424	Conducto rígido	4455,2	792	750	700	8,49	1,15	0,972	1,12	117,31
D112	KD24424	Bifurcación (Embocadura 2)	4405,2							-0,42	116,19
D114	KD24424	Transición	4405,2							0	116,57
D120	KD24424	Conducto rígido	4405,2	787	800	650	8,47	1,62	0,98	1,58	116,57
D116	KD24424	Codo	4405,2							0	107,05
D3	KD24424	Conducto rígido	4405,2	787	800	650	8,47	26,84	0,98	26,32	107,05
D117	KD24424	Codo	1101,3							0	80,24
D118	KD24424	Transición	1101,3							0	76,87
D2	KD24424	Conducto rígido	1101,3	464	450	400	6,12	7,32	0,995	7,28	76,87
G55	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G56</b>											
G56	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G24</b>											
G24	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G25</b>											
G25	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G26</b>											
G26	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G27</b>											
G27	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G28</b>											
G28	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: G29</b>											
G29	X-GRILLE-Basic-A/325x325/B1/VS/P1-RAL9010-I	Rejilla de impulsión	550,65							69,59	69,59
<b>Tramo de conducto: D112 - G169</b>											
D112	KD24424	Bifurcación (Embocadura de bifurcación)	50							0,47	15,49
D119	KD24424	Transición	50							0	14,22
D174	KD24424	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	0,69	0,877	0,6	14,22
D121	KD24424	Codo	50							0	12,84
D175	KD24424	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	2,08	0,877	1,82	12,84
D122	KD24424	Codo	50							0	10,24
D160	KD24424	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	3,06	0,877	2,68	10,24
D123	KD24424	Codo	50							0	6,78
D168	KD24424	Conducto rígido	50	150	150	125	2,67	2,06	0,877	1,81	6,78
D124	KD24424	Transición	50							0	4,07
G169	AF-0-AG/325x75	Rejilla de impulsión	50							4,07	4,07
<b>Tramo de conducto: G112 - G142</b>											
G112	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,93							65,09	-65,09
D103	KD24424	Conducto rígido	3255,23	700	750	550	7,89	26,71	0,992	26,49	-91,58
D125	KD24424	Transición	3255,23							0,13	-91,71
D126	KD24424	Codo	3255,23							6,51	-98,22
D84	KD24424	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	1,82	0,965	1,76	-99,96
D129	KD24424	Codo	3305,23							45,99	-145,97
D73	KD24424	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	2,12	0,965	2,05	-148,01
D130	KD24424	Transición	3305,23							0	-667,5
HRU1	Generador 1	Recuperador de calor	3305,23								3083,2
D131	KD24424	Transición	3305,23							0	175,03
D139	KD24424	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	2,11	0,965	2,04	175,03
D133	KD24424	Codo	3305,23							0	166,95
D141	KD24424	Conducto rígido	3305,23	708	700	600	7,87	0,31	0,965	0,3	166,95
D134	KD24424	Transición	3305,23							0	158,58
G142	WG/400X1650	Rejilla de intemperie	3305,23							158,58	158,58
<b>Tramo de conducto: G21</b>											

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



G21	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G104</b>												
G104	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G105</b>												
G105	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G106</b>												
G106	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G107</b>												
G107	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G108</b>												
G108	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G110</b>												
G110	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	406,9							65,09	-65,09	
<b>Tramo de conducto: G18</b>												
G18	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	50							29,59	-29,59	
<b>Aseos norte</b>												
<b>Tramo de conducto: G39 - F189</b>												
G39	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
D186	KD24424	Conducto rígido	45	143	175	100	2,57	6,19	0,894	5,53	-15	Climaver neto
D86	KD24424	Transición	45							1,06	-16,06	
D87	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-17,9	
D187	KD24424	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,06	0,849	0,05	-17,95	Climaver neto
D88	KD24424	Transición	60							0	-17,95	
D89	KD24424	Codo	60							0,69	-18,64	
D188	KD24424	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,28	0,849	0,24	-18,88	Climaver neto
D90	KD24424	Transición	60							0	-21,62	
F189	vENT, AULAS	Ventilador	60							0	21,62	
<b>Tramo de conducto: G57</b>												
G57	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G58</b>												
G58	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G59 - D87</b>												
G59	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15							9,47	-9,47	
D203	KD24424	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,41	0,453	0,64	-10,11	Climaver neto
D206	KD24424	Codo	15							0,15	-10,26	
D192	KD24424	Conducto rígido	15	109	100	100	1,5	1,27	0,453	0,58	-10,84	Climaver neto
D94	KD24424	Transición	15							0,04	-10,87	
D87	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-17,9	
<b>Extracción CGD, Agua y Gas, Dispensay Grupo Electrógeno</b>												
<b>Tramo de conducto: G31 - F162</b>												
G31	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	420							67,15	-67,15	
D95	KD24424	Transición	420							0	-72,2	
D91	KD24424	Conducto rígido	481	343	400	250	4,81	2,85	0,946	2,69	-74,89	Climaver neto
D96	KD24424	Transición	481							0,48	-75,37	
D98	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	996							0	-78,26	
D97	KD24424	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	0,24	0,901	0,22	-78,47	Climaver neto
D99	KD24424	Codo	996							20,85	-99,32	
D153	KD24424	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	0,18	0,901	0,17	-99,49	Climaver neto
D100	KD24424	Codo	996							2,96	-102,45	
D161	KD24424	Conducto rígido	996	455	500	350	5,69	1,04	0,901	0,94	-103,38	Climaver neto
D104	KD24424	Transición	996							0	-108,16	
F162	Ventilador sur	Ventilador	996							0	108,16	
<b>Tramo de conducto: G103 - D98</b>												
G103	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	120							69,84	-69,84	
D102	KD24424	Conducto rígido	515	354	350	300	4,9	1,86	0,923	1,72	-71,56	Climaver neto
D105	KD24424	Transición	515							0,69	-72,25	
D98	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	996							0	-78,26	
<b>Tramo de conducto: G101</b>												
G101	X-GRILLE-Basic-A/525x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	395							63,21	-63,21	
D106	KD24424	Transición	395							0	-68,08	
<b>Tramo de conducto: G40</b>												
G40	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	61							35,92	-35,92	
<b>Vestuario personal</b>												
<b>Tramo de conducto: G42 - F114</b>												
G42	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	16							10,04	-10,04	
D136	KD24424	Transición	16							0	-10,32	
D101	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,3	0,509	0,15	-10,47	Climaver neto
D135	KD24424	Transición	16							0,07	-10,54	
D137	KD24424	Codo	16							0,1	-10,64	
D76	KD24424	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	4,84	0,931	4,51	-15,15	Climaver neto

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.



D138	KD24424	Codo	46								0,6	-15,75	
D93	KD24424	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	1,73	0,931	1,61	-17,36		Climaver neto
D140	KD24424	Codo	46								0,6	-17,96	
D113	KD24424	Conducto rígido	46	143	175	100	2,63	0,78	0,931	0,73	-18,69		Climaver neto
D142	KD24424	Transición	46								0	-21,55	
F114	Vent_1	Ventilador	46									21,55	
<b>Tramo de conducto: G23</b>													
G23	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	
<b>Tramo de conducto: G114</b>													
G114	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	15								9,47	-9,47	

## Cuarto de basuras

<b>Tramo de conducto: G38 - F1</b>													
G38	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	16								10,04	-10,04	
D30	KD24424	Transición	16								0	-10,32	
D149	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,58	0,509	0,3	-10,62		Climaver neto
D50	KD24424	Codo	16								0,26	-10,88	
D22	KD24424	Conducto rígido	16	109	100	100	1,6	0,1	0,509	0,05	-10,93		Climaver neto
D52	KD24424	Transición	16								0	-12,22	
F1	Vent_1	Ventilador	16									12,22	

## Aseos aulas

Referencia	Código	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material	
					Anchura	Altura							
<b>Tramo de conducto: G30 - F189</b>													
G30	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09		
D145	KD24424	Transición	30							0	-18,27		
D154	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,36	0,934	0,34	-18,61	Climaver neto	
D146	KD24424	Codo	30							0,64	-19,25		
D155	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	4,96	0,934	4,63	-23,88	Climaver neto	
D147	KD24424	Transición	30							0,17	-24,05		
D148	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	60							0	-24,29		
D186	KD24424	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,72	0,849	0,61	-24,9	Climaver neto	
D150	KD24424	Transición	60							1,21	-26,11		
D151	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	90							0	-28,18		
D187	KD24424	Conducto rígido	90	181	225	125	3,2	0,31	0,999	0,31	-28,49	Climaver neto	
D152	KD24424	Transición	90							0	-28,49		
D156	KD24424	Codo	90							0,88	-29,37		
D188	KD24424	Conducto rígido	90	181	225	125	3,2	0,28	0,999	0,28	-29,65	Climaver neto	
D158	KD24424	Transición	90							0	-32,8		
F189	vENT, AULAS	Ventilador	90								32,8		
<b>Tramo de conducto: G190 - D151</b>													
G190	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09		
D162	KD24424	Transición	30							0	-18,27		
D191	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,36	0,934	0,34	-18,61	Climaver neto	
D164	KD24424	Codo	30							0,64	-19,25		
D192	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	4,42	0,934	4,13	-23,38	Climaver neto	
D165	KD24424	Transición	30							0,11	-23,49		
D151	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	90							0	-28,18		
<b>Tramo de conducto: G193 - D148</b>													
G193	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09		
D169	KD24424	Transición	30							0	-18,27		
D194	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,26	0,934	0,25	-18,52	Climaver neto	
D170	KD24424	Transición	30							0,09	-18,61		
D148	KD24424	Bifurcación (Embocadura 1)	60							0	-24,29		

## Aseos comedor

Referencia	Código	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material	
					Anchura	Altura							
<b>Tramo de conducto: G34 - F145</b>													
G34	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09		
D190	KD24424	Transición	30							0	-18,27		
D115	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	2,79	0,934	2,61	-20,88	Climaver neto	
D193	KD24424	Transición	30							0,12	-21		
D195	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-21,45		
D143	KD24424	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,85	0,849	0,73	-22,18	Climaver neto	
D196	KD24424	Transición	60							0	-22,18		
D197	KD24424	Codo	60							0,69	-22,87		
D144	KD24424	Conducto rígido	60	161	175	125	2,74	0,22	0,849	0,19	-23,05	Climaver neto	

# Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

D198	KD24424	Transición	60							0	-25,8	
F145	Vent, 1	Ventilador	60								25,8	
<b>Tramo de conducto: G22 - D195</b>												
G22	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	30							18,09	-18,09	
D199	KD24424	Transición	30							0	-18,27	
D82	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,77	0,934	0,72	-18,99	Climaver neto
D200	KD24424	Codo	30							0,64	-19,63	
D92	KD24424	Conducto rígido	30	122	125	100	2,4	0,27	0,934	0,26	-19,89	Climaver neto
D201	KD24424	Transición	30							0,12	-20,01	
D195	KD24424	Bifurcación doble (Embocadura)	60							0	-21,45	
<b>Cocina</b>												
<b>Tramo de conducto: G37 - F145</b>												
G37	X-GRILLE-Basic-A/225x125/B1/VS/P1-RAL9010-R	Rejilla de retorno/extracción	48							28,44	-28,44	
D218	KD24424	Transición	48							0	-28,62	
D143	KD24424	Conducto rígido	48	150	150	125	2,56	1,12	0,813	0,91	-29,53	Climaver neto
D219	KD24424	Transición	48							0	-29,53	
D220	KD24424	Codo	48							0,63	-30,16	
D144	KD24424	Conducto rígido	48	150	150	125	2,56	0,21	0,813	0,17	-30,33	Climaver neto
D221	KD24424	Transición	48							0	-32,94	
F145	Vent, 1	Ventilador	48								32,94	



---

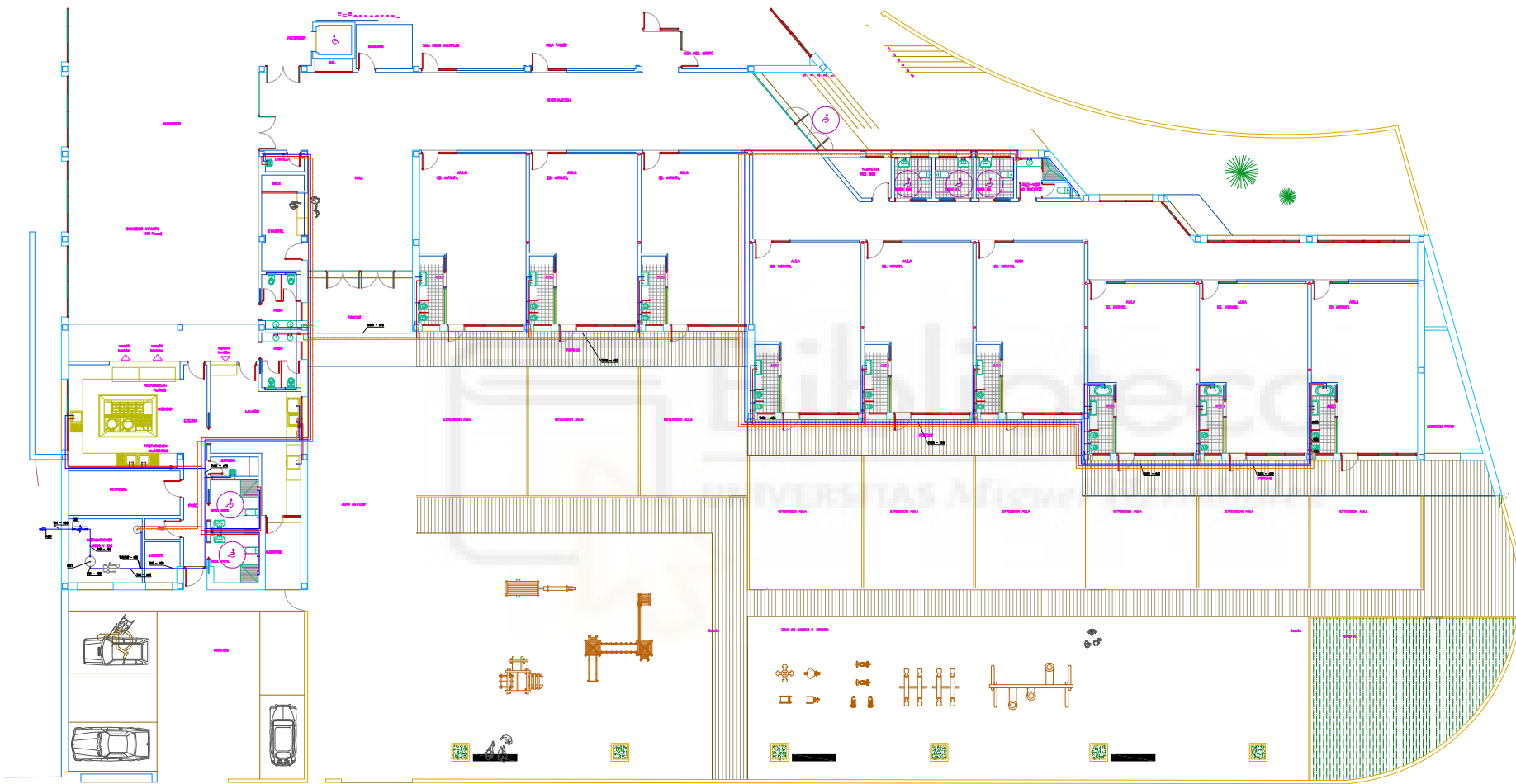
## ANEXO BIBLIOGRAFÍA

- 1 **CTE DB HS 4:** Suministro de agua. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2019.
- 2 **CTE DB HS 5:** Evacuación de aguas. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2019.
- 3 **CTE DB HS 3:** Calidad del aire interior. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2017.
- 4 **RITE** (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). Real Decreto 1027/2007 y sus posteriores modificaciones (2013, 2021).
- 5 **UNE 149201:2017.** Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones interiores de agua en edificios.
- 6 **UNE-EN 1329-1:2022.** Sistemas de tuberías plásticas para evacuación de aguas residuales en el interior de edificios (PVC-U).
- 7 **UNE-EN 1401-1:2020+A1:2024.** Sistemas de tuberías de plástico para saneamiento y alcantarillado enterrado sin presión (PVC-U).
- 8 **UNE 100155:2004.** Instalaciones de suministro de agua. Depósitos presurizados. Cálculo y dimensionado.
- 9 **UNE-EN ISO 21003-1:2009.** Sistemas de tuberías multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en edificios.
- 10 **UNE-EN 806-3:2008.** Especificaciones para instalaciones de agua dentro de edificios. Parte 3: Cálculo.
- 11 **Apuntes del Máster en Instalaciones Térmicas y Eléctricas Universidad Miguel Hernández.**

---

## ANEXO PLANOS





Simbología			
Tipo	Referencia	Simbolo	
Consumo	Lavabo	↑	↑
Consumo	Inodoro con cisterna	↑	↑
Consumo	Fregadero Industrial	↑	↑
Consumo	Vertedero	↑	↑
Consumo	Lavavajillas Industrial	↑	↑
Consumo	Ducha	↑	↑
Consumo	Bañera de menos de 1,40 m	↑	↑
Consumo	Lavamanos	↑	↑
Consumo	Producción de A.C.S.	↑	↑
Producción de A.C.S.	Producción de A.C.S. con acumulación	↑	↑
Punto de acometido	Punto de acometido	↑	↑
Contador	Pratificación de contador	↑	↑
Accesorio	Llave de local húmedo	↑	↑
Accesorio	Llave de local húmedo	↑	↑
Depósito	Depósito auxiliar de alimentación	↑	↑
Sistema de bombeo	Grupo de presión	↑	↑
Sistema de bombeo	Bomba de circulación	↑	↑
Tramo más desfavorable agua fría	Acometido	↑	↑
Tramo más desfavorable agua fría	Tubo de alimentación	↑	↑
Tramo más desfavorable agua fría	Local húmedo	↑	↑
Tubería agua fría	Derivación de aparato	↑	↑
Tramo más desfavorable agua caliente	Derivación particular	↑	↑
Tubería agua caliente	Derivación de aparato	↑	↑
Tubería agua caliente	Local húmedo	↑	↑
Tubería retorno de agua caliente	Retorno de A.C.S.	↑	↑



TÍTULO  
Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

PROYECTISTAS  
AUTOR DEL PROYECTO  
LUIS HURTADO MARTÍNEZ-ABARCA

TUTORES DEL PROYECTO  
JAVIER RUIZ RAMÍREZ  
JAVIER MOLINA GONZÁLEZ

ESCALA  
1:100

FECHA  
01/09/2025

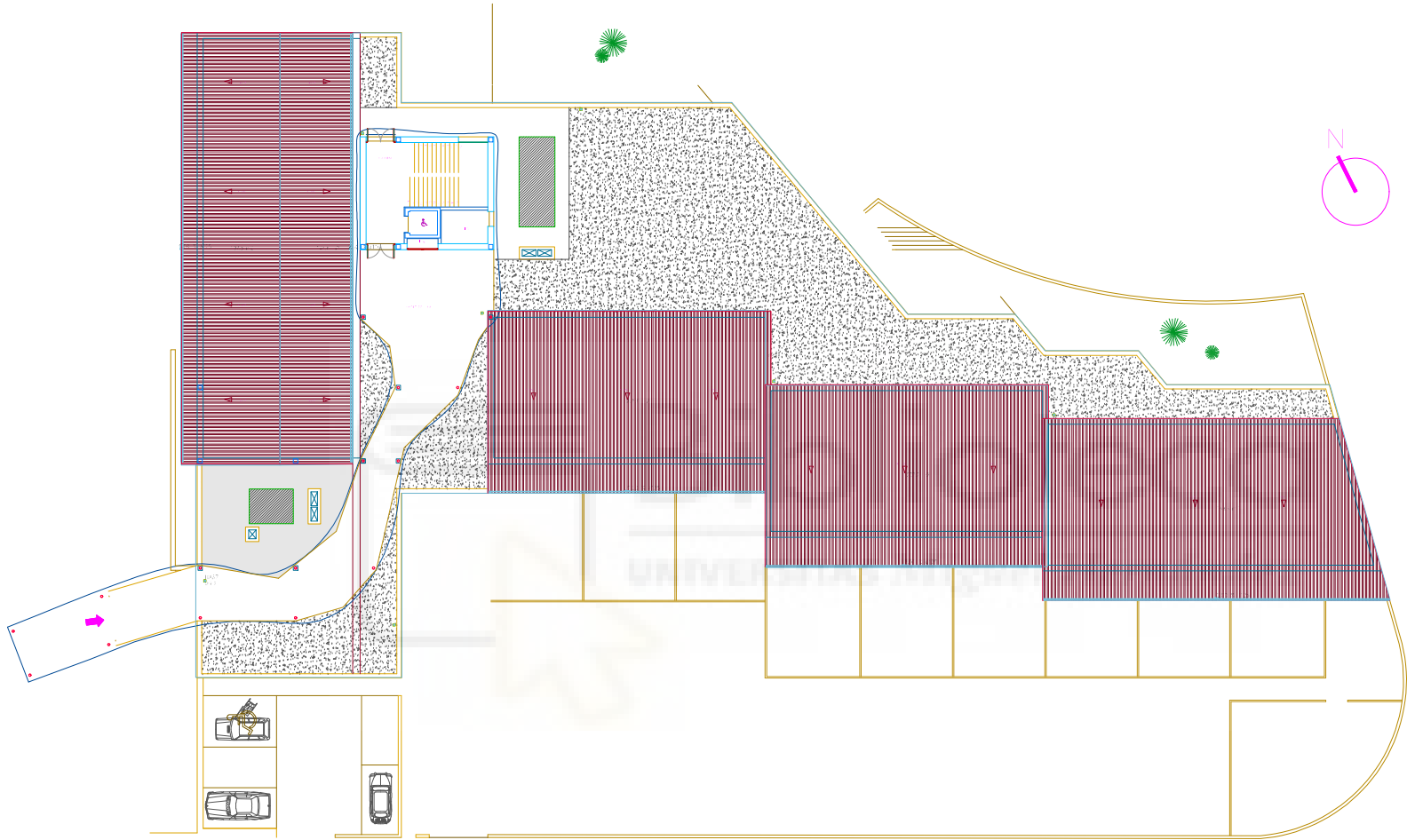
Nº DEL PLANO  
1  
HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO  
Dimensionado según norma UNE 149201 del tramo más desfavorable de la instalación de fontanería.





PLANTA PRIMERA



Simbología	
Canales	Agua pluvial
Paseos	Agua pluvial
Bajante	Agua pluvial



**TÍTULO**  
Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

**PROYECTISTAS**  
AUTOR DEL PROYECTO  
LUIS HURTADO MARTÍNEZ-ABARCA

**TUTORES DEL PROYECTO**  
JAVIER RUIZ RAMÍREZ  
JAVIER MOLINA GONZÁLEZ

**ESCALA**  
1:100

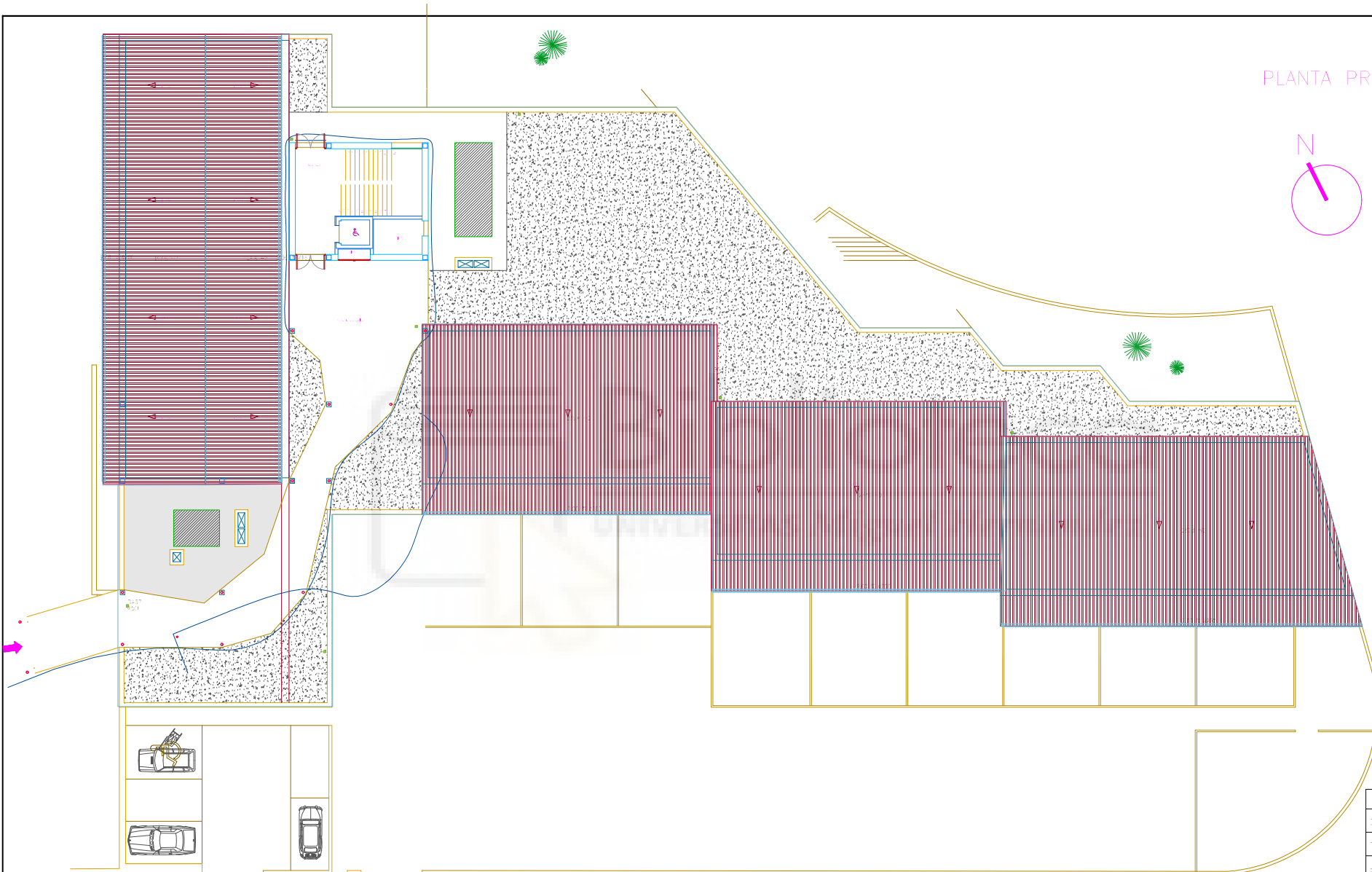
**FECHA**  
01/09/2025

**Nº DEL PLANO**  
4  
HOJA 2 DE 2

**TÍTULO DEL PLANO**  
Dimensionado según método racional simplificado para centro de enseñanzas, cuarteles de la red de saneamiento del colegio



PLANTA PRIMERA



Simbología	
Canal	Aguas pluviales
Resaca	Aguas pluviales
Boquete	Aguas pluviales



TÍTULO  
Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

PROYECTISTAS  
AUTOR DEL PROYECTO  
LUIS HURTADO MARTÍNEZ-ABARCA

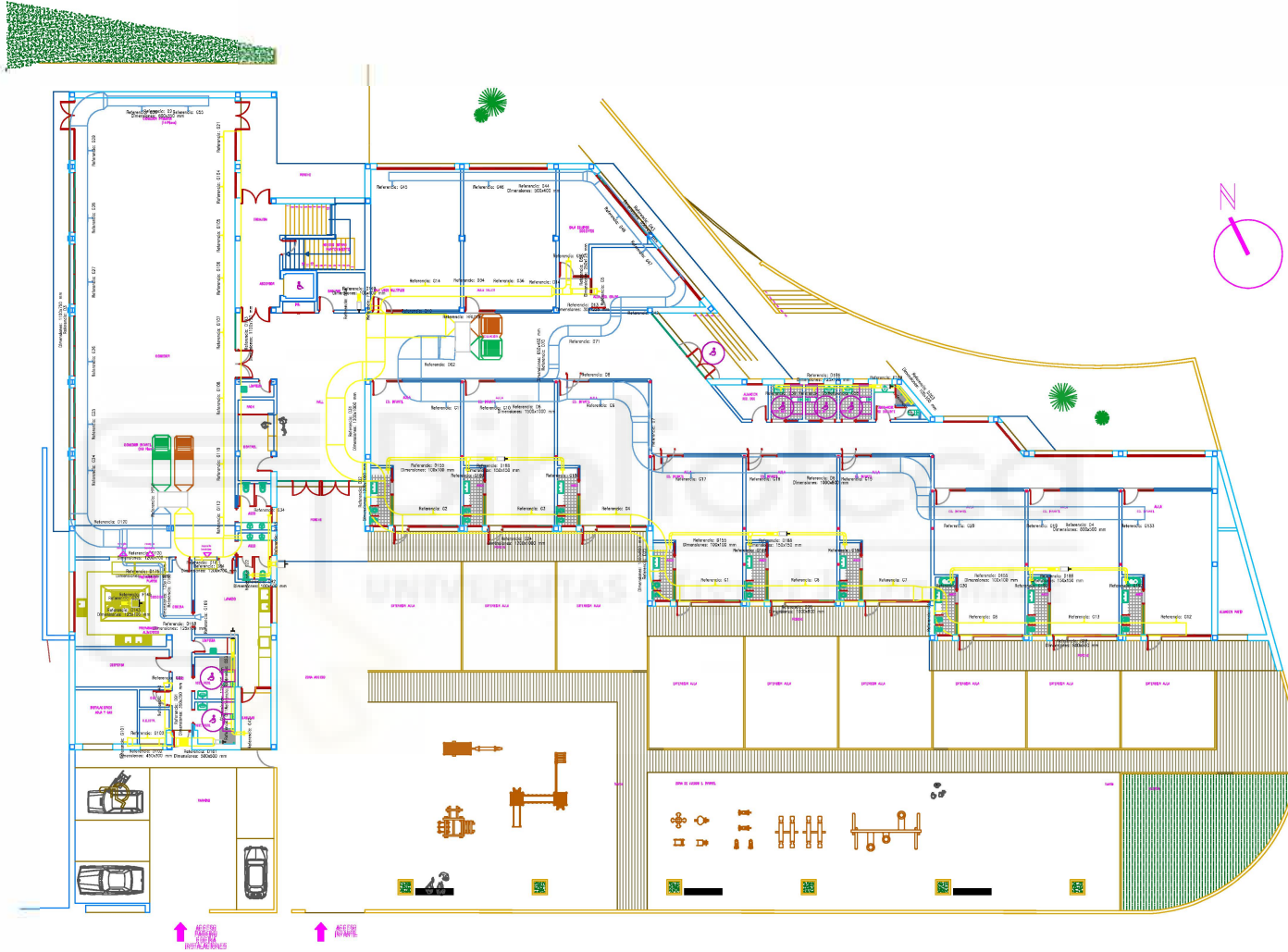
TUTORES DEL PROYECTO  
JAVIER RUIZ RAMÍREZ  
JAVIER MOLINA GONZÁLEZ

ESCALA  
1:100

FECHA  
01/09/2025

Nº DEL PLANO  
6  
HOJA 2 DE 2

TÍTULO DEL PLANO  
Dimensionado según método tabular de la red de saneamiento del colegio



TÍTULO  
Comparativa de métodos de cálculo para el dimensionado de instalaciones de fluidos en el sector no residencial.

PROYECTISTAS  
AUTOR DEL PROYECTO  
LUIS HURTADO MARTÍNEZ-ABARCA

TUTORES DEL PROYECTO  
JAVIER RUÍZ RAMÍREZ  
JAVIER MOLINA GONZÁLEZ

ESCALA  
1:100

FECHA  
01/09/2025

Nº DEL PLANO  
7  
HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO  
Dimensionado según método velocidad constante de la instalación de ventilación

