



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**INSTALACIONES  
TÉRMICAS BAJO  
MODELADO B.I.M. EN  
EDIFICIO SINGULAR**

**Autor:**

**De La Fuente Rodríguez, Daniel**

**Tutores:**

**Blanco Caballero, Moisés  
Mahíllo Isla, Raúl  
CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF**

**Valladolid, Julio 2018**



## Resumen

En los últimos años ha irrumpido con fuerza un nuevo método de trabajo en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. Es el **BIM** (Building Information Modelling), sin duda el futuro salto de calidad, si no lo es ya, en el sector.

En este Trabajo de fin de Grado se tratará de explicar esta filosofía de trabajo, qué aporta a la ingeniería, sus puntos fuertes y débiles, así como su potencial.

Como muestra de aplicación práctica de esta metodología en la ingeniería de proyectos, se pretende mostrar cómo abordar el diseño y modelado bajo el programa **DDS-CAD** una instalación térmica en un edificio singular como puede ser una fábrica.

Se tomará un enfoque ilustrativo pretendiendo realizar un **tutorial** de uso de dicho programa para el perímetro concreto de las instalaciones térmicas.

## Palabras clave

*BIM, Modelado, Instalación térmica, DDS-CAD, tutorial*



## Índice de contenidos

Índice de contenidos .....	5
Índice de figuras .....	7
Índice de tablas .....	10
<b>1 Introducción y objetivos.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Modelado BIM .....</b>	<b>17</b>
2.1 Software BIM .....	18
2.1.1 Revit .....	19
2.1.2 DDS-CAD .....	20
<b>3 Descripción de la nave industrial .....</b>	<b>25</b>
3.1 Emplazamiento.....	25
3.2 Descripción general.....	27
3.3 Superficies útiles y construidas.....	28
3.3.1. Superficie construida.....	28
3.3.2. Superficie útil. ....	28
<b>4 Tutorial de instalaciones térmicas en DDS-CAD .....</b>	<b>33</b>
4.1 Introducción a DDS-CAD 12. ....	33
4.1.1. Inicio del programa y configuración del proyecto. ....	33
4.1.2. Entorno de trabajo. ....	35
4.2 Importación de datos. ....	37
4.2.1. Tipos de archivos de importación. ....	37
4.2.2. Proceso de importación.....	38
4.2.3. Comprobaciones. ....	40
4.3 Definición de espacios y estancias: <i>Room Database</i> .....	44
4.3.1. Definición de la superficie:.....	45
4.3.2. Definición de las estancias: .....	46
4.4 Cálculo de la carga térmica. ....	47
4.4.1. Definición de propiedades de los objetos. U-valor o transmitancia térmica.....	48
4.4.2. Definición de los datos del edificio.....	49
4.4.3. Puentes térmicos. ....	50
4.4.4. Cálculo de la carga térmica total. ....	51
4.4.5. Obtención de informes .....	53
4.5 Diseño de la instalación térmica.....	54

4.5.1.	Elementos emisores de calor.....	55
4.5.1.1.	<i>Suelo radiante</i> .....	55
4.5.1.2.	<i>Radiadores</i> .....	60
4.5.2.	Elementos generadores de calor.....	63
4.5.2.1.	<i>Calderas y calentadores</i> .....	63
4.5.2.2.	<i>Colectores solares</i> .....	66
4.5.3.	Tuberías y conexiones. Dimensionamiento de una red hidráulica.....	68
4.5.3.1.	<i>Arranque de tubería.</i> .....	68
4.5.3.2.	<i>Final de tubería</i> .....	76
4.5.3.3.	<i>Trazado de tuberías</i> .....	79
4.5.3.4.	<i>Edición de tuberías</i> .....	83
4.5.3.5.	<i>Etiquetado de tuberías y elementos.</i> .....	88
4.5.3.6.	<i>Dimensionamiento y cálculo de redes.</i> .....	88
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>99</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>103</b>
6.1	Bibliografía consultada:.....	103
6.2	Software utilizado .....	103
<b>7</b>	<b>Anejos: Proyecto soporte</b> .....	<b>105</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Secuencia de trabajo en BIM. ....	18
Figura 2. Renderizado en Revit .....	19
Figura 3. Renderizado en DDS-CAD .....	20
Figura 4. Ubicación del polígono industrial en Ciudad Real. ....	25
Figura 5. Ubicación de la parcela en el polígono industrial. ....	26
Figura 6. Plano de la parcela. ....	26
Figura 7. Ubicación de los elementos en la parcela. ....	27
Figura 8. Mensaje de error al no poder validar la licencia. ....	33
Figura 9. Gestor de proyectos (Project Manager).....	34
Figura 10. Entorno de trabajo. ....	35
Figura 11. Barra de herramientas comunes a todas las disciplinas. ....	36
Figura 12. Modo de trabajo Saneamiento/Calefacción. ....	37
Figura 13. Copia de archivos a la carpeta del proyecto. ....	38
Figura 14. Proceso de importación de archivos *.ifc. ....	39
Figura 15. Proceso de “mapeado”. ....	40
Figura 16. Navegación por las distintas plantas y sus vistas. ....	41
Figura 17. Layer Display: distintas opciones de visualización y comportamiento de las capas del proyecto.....	41
Figura 18. Medir distancias.....	42
Figura 19. Determinar el factor de escala.....	43
Figura 20. Escalado del dibujo.....	43
Figura 21. Acceso al modo construcción.....	44
Figura 22. Room Database.....	45
Figura 23. Definición del área del edificio.....	46
Figura 24. Definición de las estancias. ....	47
Figura 25. Cambio de las propiedades de los objetos. ....	49
Figura 26. Datos del edificio.....	50
Figura 27. Inserción de puentes térmicos.....	51
Figura 28. Obtención de resultados del cálculo de la carga térmica.....	52
Figura 29. Resultados del cálculo de la carga térmica en una estancia en particular. ....	53
Figura 30. Generación de informes del cálculo de las cargas térmicas.....	54

Figura 31. Reparto de la carga térmica entre los distintos tipos de instalaciones.....	55
Figura 32. Inserción de suelo radiante. ....	56
Figura 33. Configuración de la instalación de suelo radiante.....	57
Figura 34. Inserción del distribuidor para circuitos de suelo radiante...58	
Figura 35. Elección de tipología de tubos para circuitos de suelo radiante.....	58
Figura 36. Obtención de los resultados del cálculo de un circuito de suelo radiante. ....	59
Figura 37. Informes de los circuitos de suelo radiante. ....	60
Figura 38. Configuración del cálculo de la instalación de radiadores....	61
Figura 39. Resultados del cálculo de radiadores para una estancia. ....	62
Figura 40. Redistribución de radiadores generados automáticamente en una estancia sin ventanas.....	62
Figura 41. Extracción de informes del cálculo y componentes de la instalación de radiadores. ....	63
Figura 42. Catálogo de calderas, calentadores y elementos de seguridad térmica. ....	64
Figura 43. Parámetros configurables de un objeto. ....	65
Figura 44. Colocación del objeto seleccionado en el dibujo.....	65
Figura 45. Catálogo de calentadores eléctricos. ....	66
Figura 46. Catálogo de colectores solares.....	66
Figura 47. Colocación de colectores solares planos. ....	67
Figura 48. Colocación de colectores solares de tubos de vacío.....	68
Figura 49. Autodetección de posibles puntos de conexión. ....	69
Figura 50. Arranque libre de tubería y sus propiedades.....	70
Figura 51. Ajustes de dirección, posición y pendiente. ....	71
Figura 52. Elección de la altura del primer tramo de tubería en dirección vertical.....	72
Figura 53. Diferentes posibles puntos de arranque de detección automática.....	73
Figura 54. Inicio de tubería desde un equipo (calentador de agua). ....	75
Figura 55. Inicio de tubería desde otra planta.....	75
Figura 56. Inicio de tubería desde otra tubería. ....	76
Figura 57. Final de tubería en un equipamiento u otra tubería. ....	77
Figura 58. Final de tubería en un piso superior o inferior.....	79



Figura 59. Cambios de dirección en el trazado y opciones.....	80
Figura 60. Cuadro de diálogo para la inserción de un codo.....	81
Figura 61. Orientación del ángulo de rotación según el sentido del trazado.....	81
Figura 62. Menú contextual para el modo Ortho. ....	82
Figura 63. Elementos insertables en una tubería ya trazada. ....	83
Figura 64. Borrado de tuberías.....	85
Figura 65. Desplazamiento de componentes.....	85
Figura 66. Elevación de tuberías.....	86
Figura 67. Desplazamiento de conjuntos de elementos. ....	87
Figura 68. Actualización del modelo de fontanería.....	87
Figura 69. Etiquetado de tuberías y elementos de éstas. ....	88
Figura 70. Puntos de cálculo en redes de tuberías. ....	89
Figura 71. Creación e inserción de puntos de cálculo de redes. ....	90
Figura 72. Inicio del cálculo de una red.....	91
Figura 73. Opciones de configuración para el cálculo de una red.....	91
Figura 74. Tabla de cálculo de la red.....	92
Figura 75. Ejecución del cálculo de la red.....	94
Figura 76. Extracción de resultados del cálculo de la red.....	95

## Índice de tablas

Tabla 1. Estancias del edificio singular. ....	29
Tabla 2. Datos de la tabla de cálculos de tuberías. ....	93

# ***Capítulo 1:*** ***Introducción y*** ***objetivos***



## 1 Introducción y objetivos

En los últimos años ha irrumpido con fuerza un nuevo método de trabajo en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. Es el BIM (Building Information Modelling), sin duda el futuro salto de calidad, si no lo es ya, en el sector.

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado es hacer un tutorial que facilite el uso de DDS-CAD, software basado en BIM, en su aplicación al diseño y modelado de instalaciones térmicas en edificios.

Se comenzará explicando unas nociones básicas sobre el software BIM, particularmente sobre Revit y DDS-CAD. Revit se utilizó para el diseño del edificio, en este caso una nave industrial de fabricación de bicicletas; mientras que se ha realizado un tutorial de DDS-CAD que ilustra los pasos a seguir para el diseño y cálculo de una instalación térmica.

Seguidamente, se describirá la metodología empleada, el paso a paso del procedimiento seguido para realizar la instalación térmica de una nave industrial con las capturas de pantalla e indicaciones necesarias para facilitar lo máximo posible el uso del software empleado a quienes se acerquen por primera vez a él.

Finalmente, se obtendrán las conclusiones al comparar el proceso seguido con DDS-CAD con el método tradicional que se hubiera empleado para el diseño y modelado de la instalación térmica que nos ocupa.



# *Capítulo 2:* *Modelado BIM*





## 2 Modelado BIM

El propio avance de la tecnología ha hecho evolucionar la forma de trabajar en cualquier campo de la técnica. La ingeniería de proyectos no ha sido una excepción, si bien no ha sido hasta la llegada y evolución exponencial de las capacidades informáticas cuando se ha experimentado una sensible revolución.

La hegemonía de los útiles de dibujo manual y sus tediosas sesiones de trabajo, así como de los largos y complejos procesos de cálculo se extendió hasta hace no más de tres de décadas. A partir de entonces, el extraordinario desarrollo tanto del software como del hardware, permitió la aparición de los primeros programas de dibujo asistido por ordenador (CAD) y de utilidades de cálculo para ciertos tipos de instalaciones; siendo todos ellos muy limitados en sus comienzos, pero con una rápida mejora y crecimiento de sus capacidades año a año.

Si bien el concepto de BIM se remonta entre los años 70 y 80 del pasado siglo, dependiendo de las fuentes consultadas, su auténtico despegue no ha tenido lugar hasta hace menos de diez años atrás.

Las siglas BIM significan literalmente *Building Information Modelling*, este concepto puede definirse como el conjunto de tecnologías, métodos e informaciones para crear edificaciones y su equipamiento.

BIM concierne tanto a la geometría, a la relación con el espacio, a la información geográfica, a las cantidades y las propiedades de los componentes de un edificio (por ejemplo, detalles de fabricantes de equipamientos diversos).

BIM puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición (imperativo el reciclaje de materiales). Las cantidades de materiales y propiedades compartidas pueden ser listadas fácilmente. Además, los ámbitos laborales, detalles de componentes y secuencias de actividades de construcción pueden ser aislados y definidos; pero siempre permitiendo el intercambio de información y el trabajo simultáneo de los múltiples departamento y profesionales que intervienen en el desarrollo del proyecto. Esto se muestra de especial importancia en la coordinación durante la ejecución de la obra y su mantenimiento. A medida que el diseño avanza, la información integrada al modelo se vuelve más evaluable. Podemos simular y entender aspectos antes solo visibles

cuándo se transformaban en problemas durante la ejecución de la obra. Las interferencias y conflictos de trazados pueden ser detectados en una etapa muy temprana del proceso y ser solucionados sin mayores costos para el propietario ni atrasos en los tiempos de construcción ya que aún se trabaja en un modelo virtual. Sin duda, todo lo expuesto redundará en un notable ahorro económico en el montante total del proyecto.

Un proyecto BIM en su conjunto puede verse como una reproducción virtual del proyecto real que además de reflejar la apariencia 3D del edificio, aúna datos técnicos, propiedades físicas, texturas, colores... de cada elemento. Esta es una de las grandes ventajas que presenta esta metodología en contraposición con el diseño en CAD cuyo alcance se quedaba en la mera representación geométrica.



**Figura 1. Secuencia de trabajo en BIM.**

(Fuente: <http://www.adparquitectostecnicos.com>)

Trabajar de este modo permite modificar cualquier elemento del proyecto, en cualquier momento del desarrollo del mismo, en cualquier vista y capa de visualización, teniendo efecto estos cambios en el conjunto del proyecto de forma automática. Dibujando en CAD o manualmente, esto supondría un gran esfuerzo al tener que replantear todas y cada una de las vistas y sistemas en los que dicho elemento intervenga.

## 2.1 Software BIM

En este Trabajo se ha utilizado principalmente el programa DDS-CAD de la empresa noruega Data Design System, aunque para el diseño estructural y obra civil se ha empleado Revit, de la compañía

estadounidense Autodesk.

Para poder trabajar intercambiando información entre ambos programas, se utilizan los archivos IFC (Industry Foundation Classes). En el universo BIM este tipo de archivos permiten la interoperabilidad entre los diversos softwares basados en esta metodología.

Se procede ahora a presentar brevemente ambos programas usados.

### 2.1.1 Revit

Revit es un software para BIM. Sus potentes herramientas le permiten utilizar el proceso avanzado basado en modelos para planificar, diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras. Revit admite un proceso de diseño multidisciplinar de diseño colaborativo. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bidireccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas.

Este programa permite, con relativamente poco esfuerzo y aprendizaje, modelar la parte estructural y de cerramientos con un resultado bastante aceptable. Para este fin es para lo que se utiliza en el presente Trabajo.

Revit adolece, sin embargo, de carencias y excesiva complejidad en el modelado de instalaciones tanto eléctricas, saneamiento y fontanería, como de ventilación y térmicas, que será el caso que se abordará mediante el software DDS-CAD.



Figura 2. Renderizado en Revit. (Fuente: Elaboración propia.)

### 2.1.2 DDS-CAD

DDS-CAD es un software que diseña, calcula y genera documentación de instalaciones con un gran nivel de calidad. Ofrece un software BIM muy versátil respecto al hardware y un entorno de trabajo muy intuitivo, lo que incrementa ostensiblemente la productividad.

No necesita software de terceros, es totalmente independiente y no requiere módulos adicionales, funciones o programas gracias a su estructura modular.

Se pueden generar dibujos CAD tradicionales o pdfs, o, de forma simple, cooperar dentro de un grupo de trabajo intercambiando modelos IFC con una sola herramienta de software.

La detección de colisiones integrada asegura la coordinación entre disciplinas, y los cálculos integrados le permiten la optimización de requisitos de construcción y de los sistemas de diseño.

Al igual que con Revit, el diseño y cálculo conjunto de instalaciones permite ahorrar tiempo durante la proyección y simular el resultado final de la instalación, detectar posibles conflictos lo que supone un importante ahorro económico.

DDS-CAD es abierto por lo que permite editar parámetros en función de la normativa vigente o del país de destino del proyecto.



Figura 3. Renderizado en DDS-CAD (Fuente: CAEsoft)

Un punto flaco de DDS-CAD es su orientación exclusiva a las instalaciones. Esto implica que se debe recurrir a programas externos para poder proyectar rigurosamente la parte de obra civil del proyecto. Sin embargo, cabe destacar su buena interoperabilidad, esto es la predisposición para poder intercambiar archivos y utilizarlos con y de otros programas: Dialux para iluminación, Revit para arquitectura, ETS4 o Elvis para KNX, Autocad... No en vano, DDS-CAD tiene por parte de buildingSmart el certificado CV2.0-MEP para exportación.



# *Capítulo 3:* *Descripción de la* *instalación*





### 3 Descripción de la nave industrial

#### 3.1 Emplazamiento

El edificio singular que se usará como apoyo para desarrollar el tutorial de instalaciones térmicas bajo DDS-CAD será una nave de fabricación de bicicletas que se diseñó en la asignatura de “Proyectos Técnicos Industriales” (ver anejos).

Está hipotéticamente situada la localidad de Ciudad Real. Exactamente en la parcela sita en Avenida de la Ciencia número 42, con una superficie útil y sin edificar de casi 0,9 Ha. Al ubicarse así en una zona de clima mediterráneo continentalizado, brindará la oportunidad de trabajar tanto con instalaciones de enfriamiento como de calentamiento.

En las siguientes imágenes se muestra la ubicación de la parcela donde se ubica la nave de base al tutorial:



Figura 4. Ubicación del polígono industrial en Ciudad Real.

(Fuente: Google Maps)



Figura 5. Ubicación de la parcela en el polígono industrial.  
(Fuente: Dirección General del Catastro.)

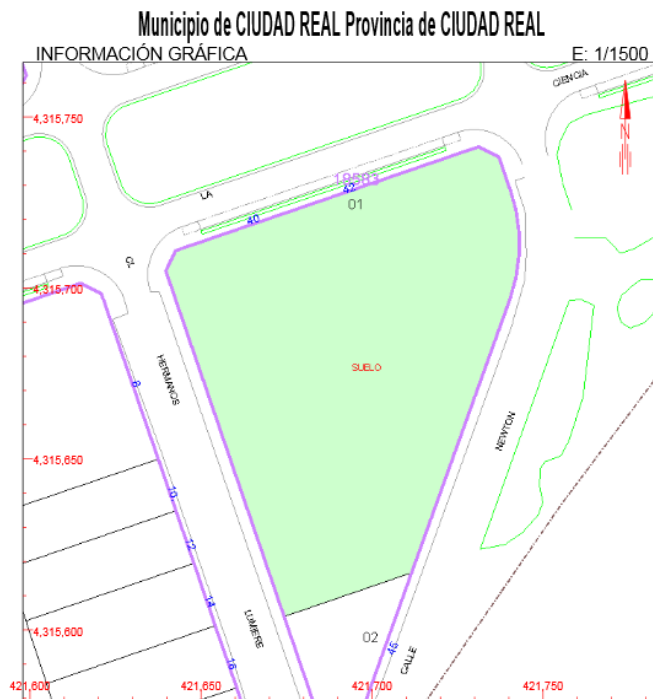


Figura 6. Plano de la parcela.  
(Fuente: Dirección General del Catastro.)

### 3.2 Descripción general

El edificio se sitúa en la parte más norte de la parcela. Hay dos accesos a la parcela, uno en el muro norte, por la Avenida de la Ciencia y otro por el muro oeste, por la Calle de los Hermanos Lumière. En la parte sur se encuentra una pequeña parcela colindante. Los alrededores, a excepción de esa parcela al sur, dan a calles y no hay ninguna otra parcela colindante. La ubicación del edificio en la parcela se muestra en la siguiente figura:



Figura 7. Ubicación de los elementos en la parcela.  
(Fuente: Elaboración propia.)

La nave tiene dos partes claramente diferenciadas, una zona destinada al taller con unas dimensiones de 50 x 30 m y una zona de oficinas de 10 x 30 metros. Toda la nave está construida sobre una misma planta.

La entrada principal a la zona de oficinas se encuentra en la fachada norte, en el muro cortina. Además de esta entrada, hay otras 3 puertas para personal y dos puertas más para la carga y descarga de camiones

ubicadas ambas en la fachada trasera.

La altura de la nave es de 8 metros y de las oficinas es de 3,5 metros.

La zona de oficinas consta de las siguientes dependencias:

- Vestíbulo.
- Sala de oficinas y archivo.
- Despacho de dirección.
- Sala de juntas.
- Despacho de jefe de taller.
- Sala de control de calidad.
- Sala de mantenimiento y utillaje.
- Sala de máquinas.
- Sala de descanso.
- Vestuario masculino y femenino.
- Baño masculino, femenino y para personas con capacidades especiales.

La parte del taller es mayoritariamente diáfana y es donde se encuentra toda la maquinaria necesaria para el proceso y los almacenes.

### 3.3 Superficies útiles y construidas.

#### 3.3.1. Superficie construida.

La superficie construida de la nave es de un total de 1.800 m<sup>2</sup>, de los cuales 1500 pertenecen a la zona de fabricación y los 300 restantes a la zona de administración y oficinas.

#### 3.3.2. Superficie útil.

Todas las estancias y su superficie útil se resumen en el siguiente cuadro, no obstante, su ubicación dentro del conjunto y su distribución

espacial se encuentran y pueden ser comprobadas en los planos alusivos incluidos en la documentación gráfica aneja.

Salas	Superficie (m <sup>2</sup> )
Vestíbulo	76
Sala de oficinas y archivo	37
Despacho jefe de taller	23
Dirección	12
Sala de juntas	13
Sala de descanso	34
Vestuario masculino	31
Vestuario femenino	30
Baño masculino	3
Baño femenino	3
Baño personas movilidad reducida	6
Sala de maquinas	16
Control de calidad	37
Mantenimiento y utillaje	30
Taller	1402

Tabla 1. Estancias de la Fábrica de bicicletas.

(Fuente: Elaboración propia.)



**Capítulo 4:**  
**Tutorial de**  
**instalaciones**  
**térmicas en**  
**DDS-CAD**





## 4 Tutorial de instalaciones térmicas en DDS-CAD

### 4.1 Introducción a DDS-CAD 12.

#### 4.1.1. Inicio del programa y configuración del proyecto.

Antes de arrancar el programa, se debe comprobar que existe una conexión apropiada, así como una licencia operativa. De la licencia poco se puede decir ya que es un programa de pago que, en este caso, sufraga la Universidad de Valladolid. Respecto a la conexión, es importante señalar que se necesita tener una conexión que permita la comunicación por ciertos puertos mediante los cuales DDS-CAD comprueba con su servidor (como mínimo cada 10 segundos) la validez de la licencia. Por ejemplo, las redes inalámbricas de la UVa no permiten el uso de los puertos usados por DDS-CAD (y de algunos otros, por motivos de seguridad), por lo que no es posible trabajar con este programa utilizándolas:

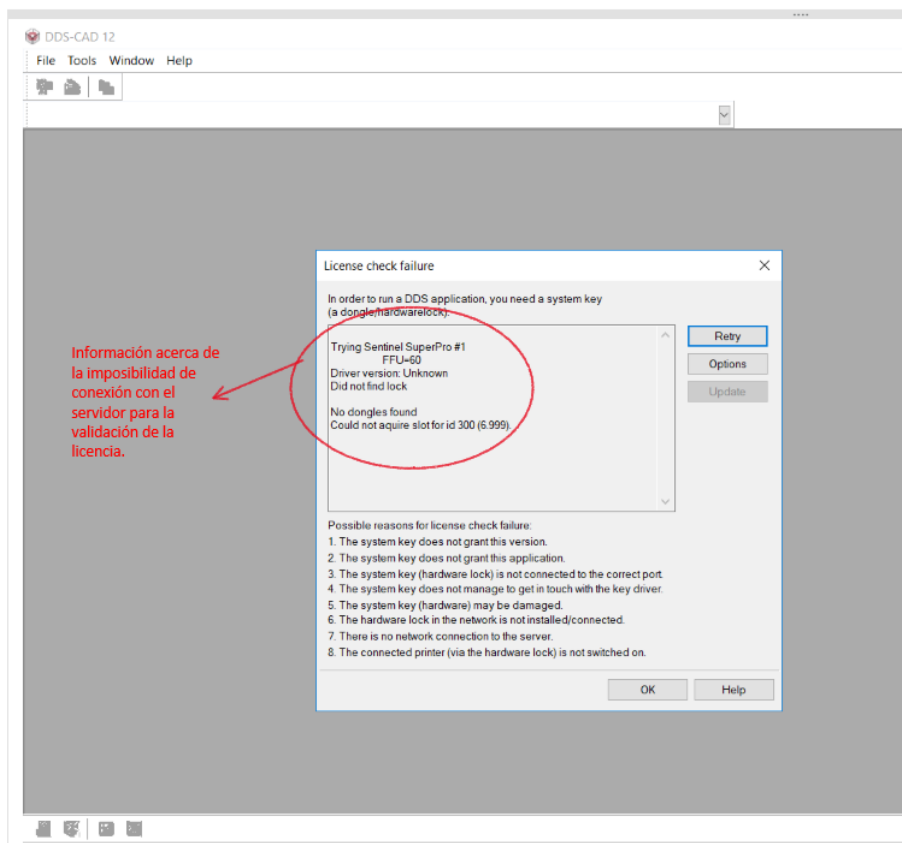


Figura 8. Mensaje de error al no poder validar la licencia.  
(Fuente: Elaboración propia.)

En el momento en que se haya abierto el programa correctamente, se mostrará un menú llamado *Project manager* que mostrará el último proyecto abierto, así como las opciones que se pueden aplicar sobre él

como pueden ser abrirlo, editar su nombre, borrarlo, ver sus propiedades...

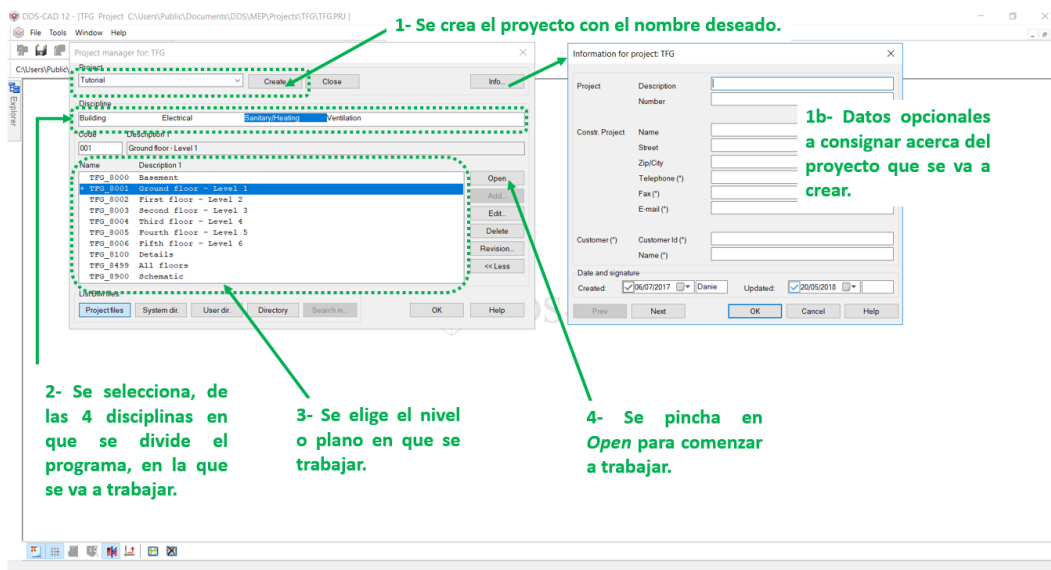


Figura 9. Gestor de proyectos (Project Manager).

(Fuente: Elaboración propia.)

Para la creación de un nuevo proyecto se seguirán los siguientes pasos:

- 1- Se escribe el nombre del proyecto en el espacio destinado a tal fin y se pulsa el botón *Create*. Existe la posibilidad de añadir más información acerca del proyecto pulsando en el botón *Info...*: incluir una descripción del proyecto, un número de orden, datos de la ubicación física del edificio, datos del hipotético cliente que hay solicitado el trabajo...

A partir de este momento el proyecto ya ha sido creado y tiene asignada su carpeta dentro del directorio C:\Users\Public\Documents\DDS\MEP.

También podemos utilizar el desplegable para cambiar entre un proyecto y otro.

- 2- Se elige la disciplina correspondiente en la que se quiera trabajar en ese momento:

- *Building* (Arquitectura)
- *Electrical* (Electricidad)
- *Sanitary/ Heating* (Calefacción y Saneamiento)
- *Ventilation* (Ventilación)

Como se va a trabajar sobre instalaciones térmicas, se elegirá *Sanitary/Heating* o *Ventilation* en función de la disciplina a desarrollar.

3- Se selecciona el nivel o plano en el que se va a intervenir. El programa nos ofrece los pisos o niveles en los que se dividiría el edificio:

- *Basement* (Cimientos)
- *Ground floor - Level 1* (Planta baja)
- *Frist floor - Level 2* (Primer piso).
- *Second floor - Level 3* (Segundo piso)
- ... (Pisos sucesivos, el programa permite hasta 100)
- *Details* (Planos de detalle y auxiliares)
- *All floors* (Integra todos los niveles y datos del proyecto para esa disciplina)
- *Schematic* (Permite elaborar esquemas y diagramas de las instalaciones.)

4- Por último, se pulsa *Open* para abrir el espacio de trabajo seleccionado.

#### 4.1.2. Entorno de trabajo.

El entorno de trabajo se asemeja a lo mostrado en la figura siguiente:

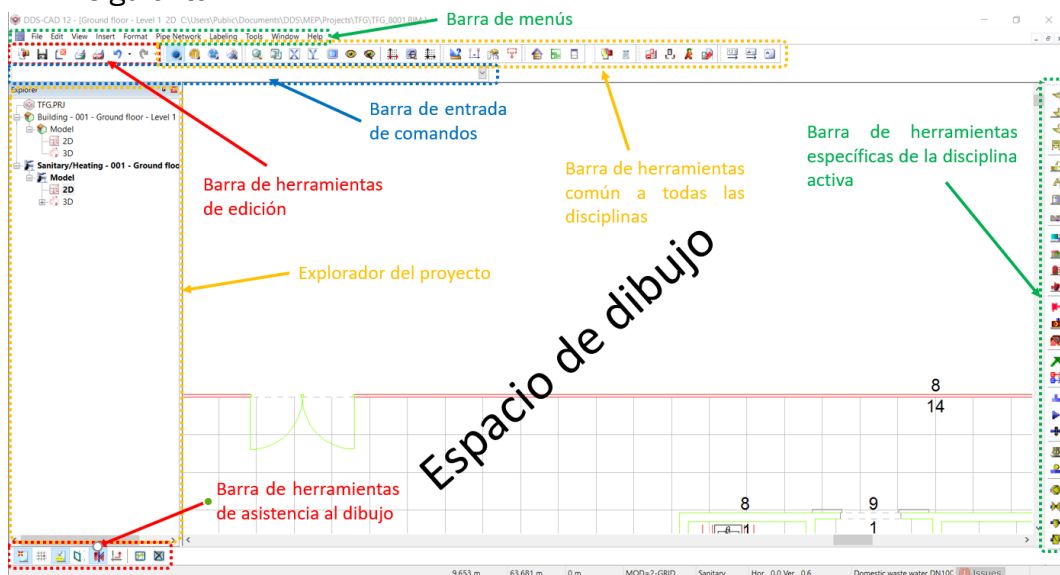


Figura 10. Entorno de trabajo.

(Fuente: Elaboración propia.)

Presenta la habitual barra de menús, el imprescindible espacio de dibujo, varias barras de herramientas configurables al gusto del usuario, un *Explorer* que permite navegar por el proyecto, una barra de comandos y una barra con herramientas de asistencia al dibujo al estilo de otros programas de CAD.

La barra de herramientas común a todas las disciplinas presenta funciones de uso frecuente y útil que se describen a continuación:

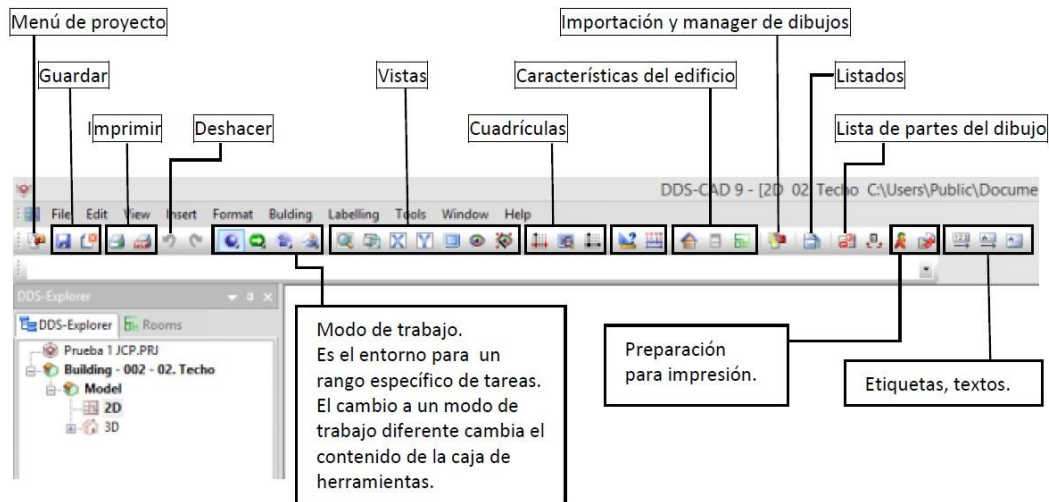


Figura 11. Barra de herramientas comunes a todas las disciplinas.

(Fuente: Manual DDS-CAD, LANCHARRO CORDERO, L.J.)

Dependiendo de la disciplina en que se esté trabajando se tendrá disponible una barra de herramientas específica u otra. En nuestro caso, se tendrá activa la barra de herramientas propia de *Sanitary/Heating*:

❖ Modo de trabajo **Sanearamiento/Calefacción**:

En este modo se cuenta con herramientas para la colocación de una gran variedad de elementos como de piezas de sanitario, grifos, calderas, termos, unidades de aire acondicionado, bombas de calor, radiadores, suelo radiante, colectores solares, fontanería contraincendios, desagües, sumideros, tuberías, válvulas, filtros, contadores, bombas, tés, reducciones...

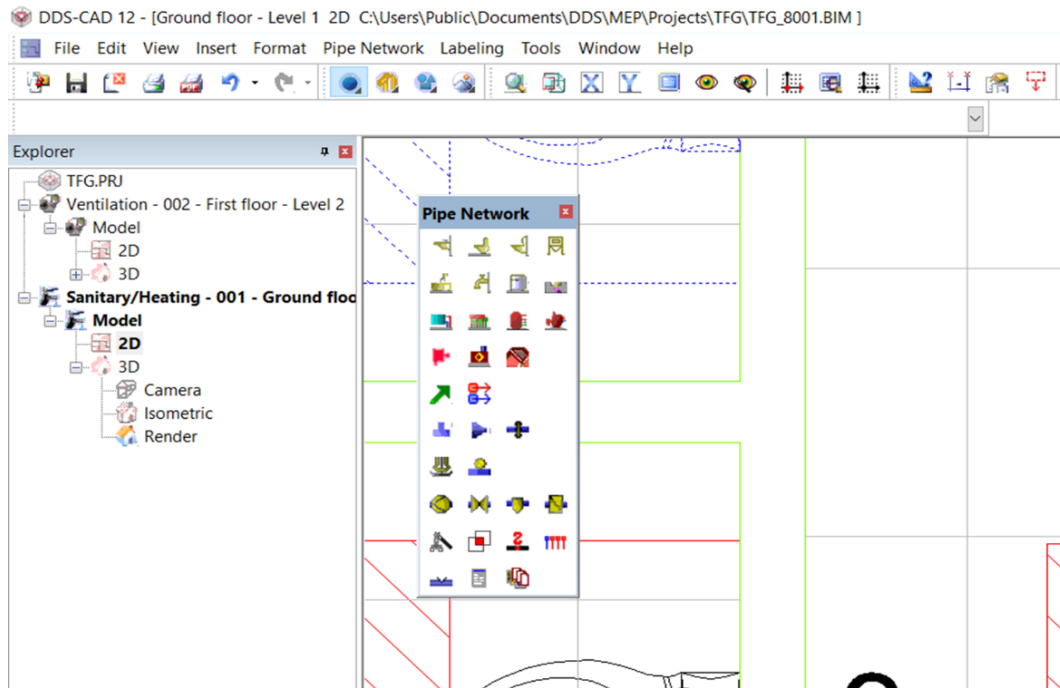


Figura 12. Modo de trabajo Saneamiento/Calefacción.  
(Fuente: Elaboración propia.)

## 4.2 Importación de datos.

Ya se ha comentado que nos vamos a basar en un proyecto previo para ilustrar la aplicación de DDS-CAD a las instalaciones térmicas, para lo cual lo ideal sería poder importar al programa la estructura y parte arquitectónica de ésta para continuar trabajando en la parte correspondiente a la instalación térmica. Veamos en este epígrafe cómo hacerlo.

### 4.2.1. Tipos de archivos de importación.

Este software es capaz de manejar distintos archivos que importemos como base al trabajo que se realice después, principalmente en el campo de las instalaciones:

- Archivos de diseño asistido por ordenador CAD (\*.dwg; \*.dxf).
- Portable Document Format (\*.pdf).
- Imágenes (\*.bmp; \*.gif; \*.jpg; \*.png; \*.tif; \*.wmf).
- Industry Foundation Classes (\*.ifc).

En el caso que se está tratando en este trabajo, el proyecto de obra civil se realizó utilizando el programa Revit, el cual permite exportar fácilmente un archivo .ifc que contiene toda la información geométrica y arquitectónica que DDS-CAD precisa para comenzar a trabajar en las instalaciones térmicas.

#### 4.2.2. Proceso de importación.

- 1- Copiar los ficheros en la carpeta del proyecto. Esto se puede hacer o bien copiando el archivo \*.ifc en la carpeta del proyecto directamente mediante el sistema de exploración de carpetas del sistema operativo. O bien utilizando la herramienta propia de DDS-CAD:

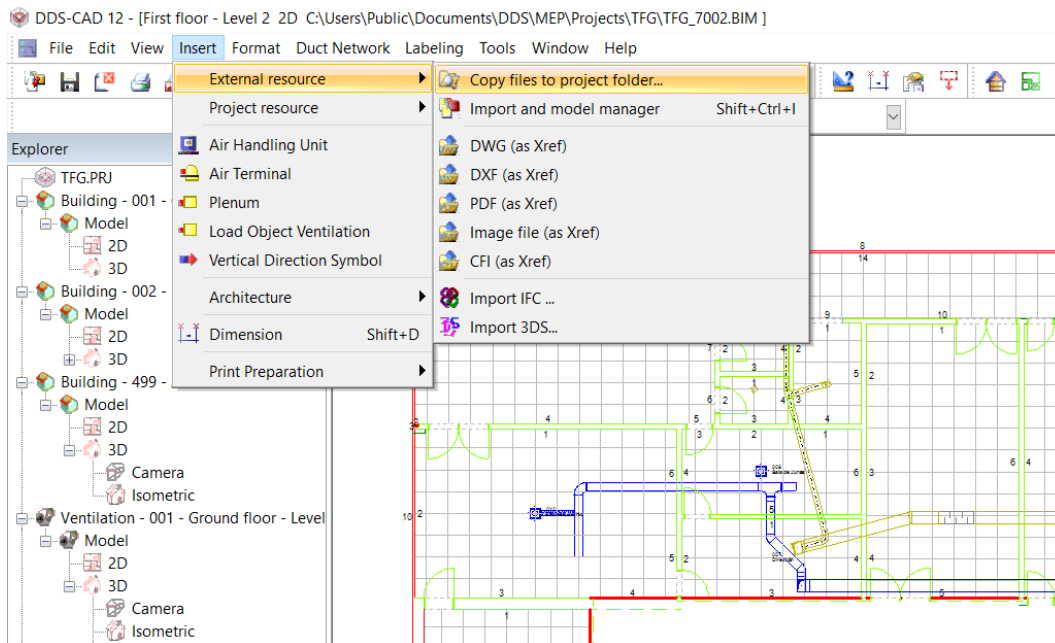


Figura 13. Copia de archivos a la carpeta del proyecto.  
(Fuente: Elaboración propia.)

- 2- Importar el archivo \*.ifc al proyecto. Se hace con el comando específico del programa:

+

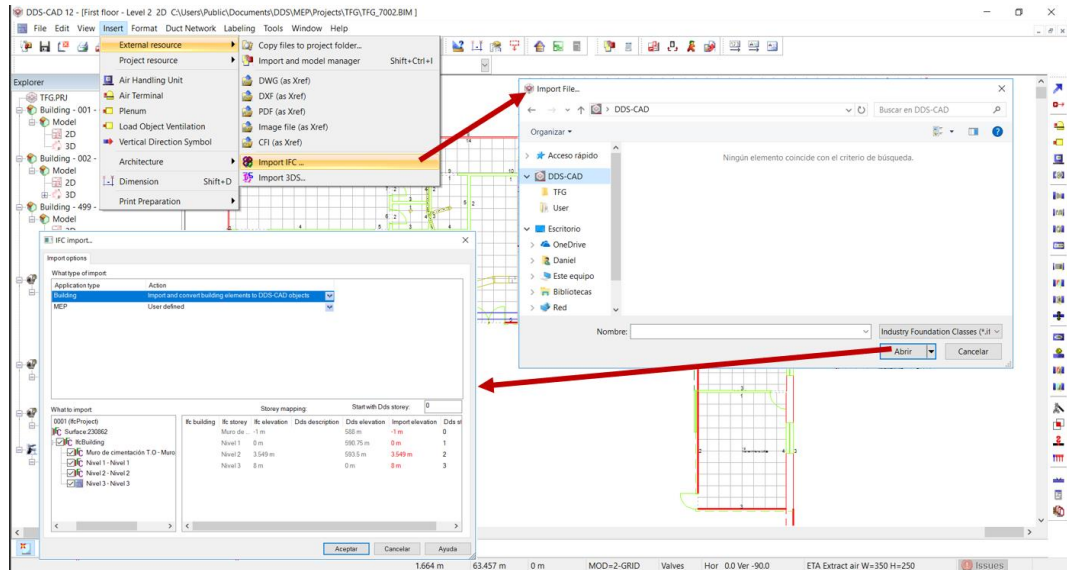
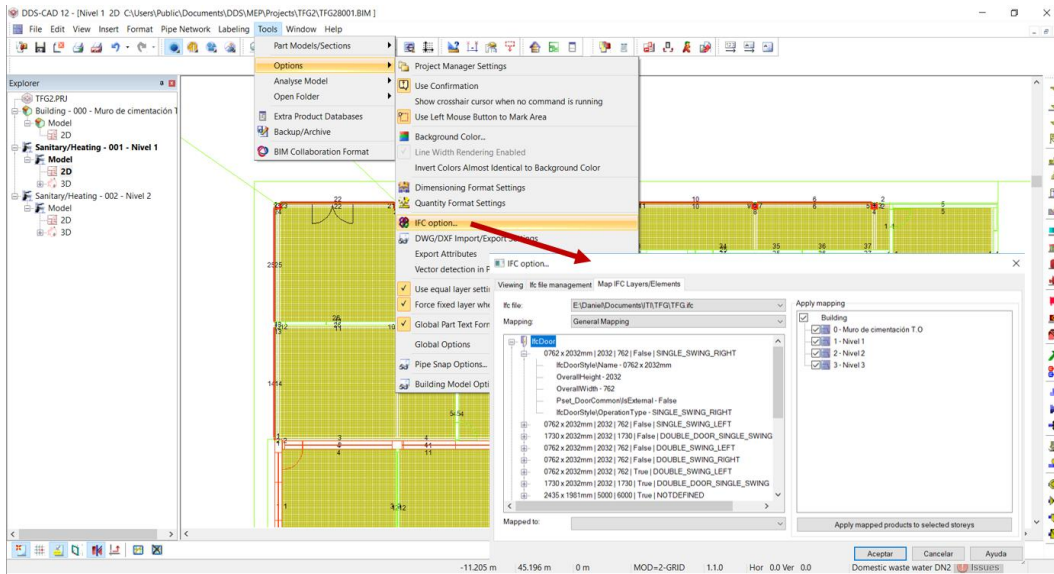


Figura 14. Proceso de importación de archivos \*.ifc.

(Fuente: Elaboración propia.)

Después de abrir el archivo \*.ifc, se llega a una ventana como la de la figura superior. Se seleccionarán las opciones: en *Building* → *Import and convert building elements to DDS-CAD objects* y en *MEP* → *Presentation for Coordination. MEP objects*. Esto permitirá poder convertir objetos procedentes del archivo importado a objetos de DDS-CAD. A continuación, pinchando en *Aceptar* terminaremos la exportación del archivo.

- 3- Seguidamente, se accede a las opciones del IFC para configurar o mapear los distintos tipos de objetos, esto es, relacionarlos o hacerlos equivalentes a los que DDS-CAD posee en su propia base de datos:



**Figura 15. Proceso de “mapeado”.**  
(Fuente: Elaboración propia.)

En esta ventana se mostrará qué tipos de objeto se han importado y se podrá decidir qué hacer con ellos, así como con los que no se han importado: dejarlos sin importar o buscarles una equivalencia en el catálogo del programa.

En este momento, si los pasos se han seguido correctamente, se debe haber obtenido una importación exitosa y se mostrará el proyecto en la ventana de trabajo tal y como procede del archivo \*.ifc.

#### 4.2.3. Comprobaciones.

Conviene hacer ahora una serie de comprobaciones y, si procede, algunos ajustes. A continuación, se describen los principales:

Desde la ventana Project Manager se podrá comprobar cómo también se han importado las plantas del proyecto y su distribución. Y desde el explorador del proyecto se podrán manejar todas aquellas plantas que se hayan abierto, así como sus vistas (2D, 3D, Render, modos de cámara...).



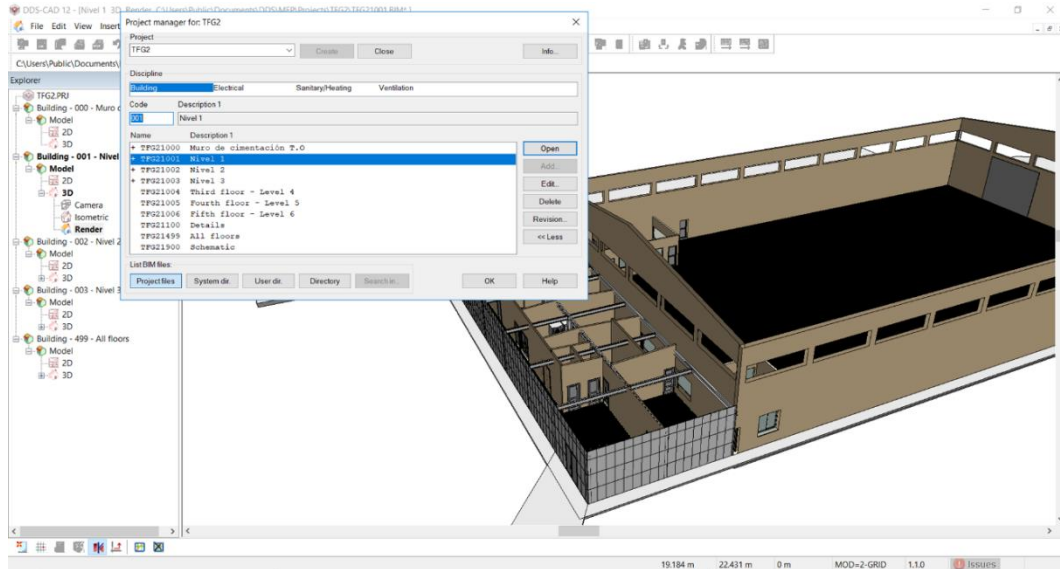


Figura 16. Navegación por las distintas plantas y sus vistas.  
(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez comprobado que todo está como se espera, se pueden ocultar las capas de objetos que no sean de utilidad en el proyecto en general o en algún momento en particular: rótulos, líneas auxiliares, marcas de estancias, líneas ocultas... Esto puede hacerse fácilmente con el Layer Display. Esta función permite filtrar y aplicar diferentes estatus a las distintas capas y objetos como pueden ser su visibilidad, bloqueo a la edición, evitar su impresión aunque estén vistas, tipos de línea con que se muestran, etc...

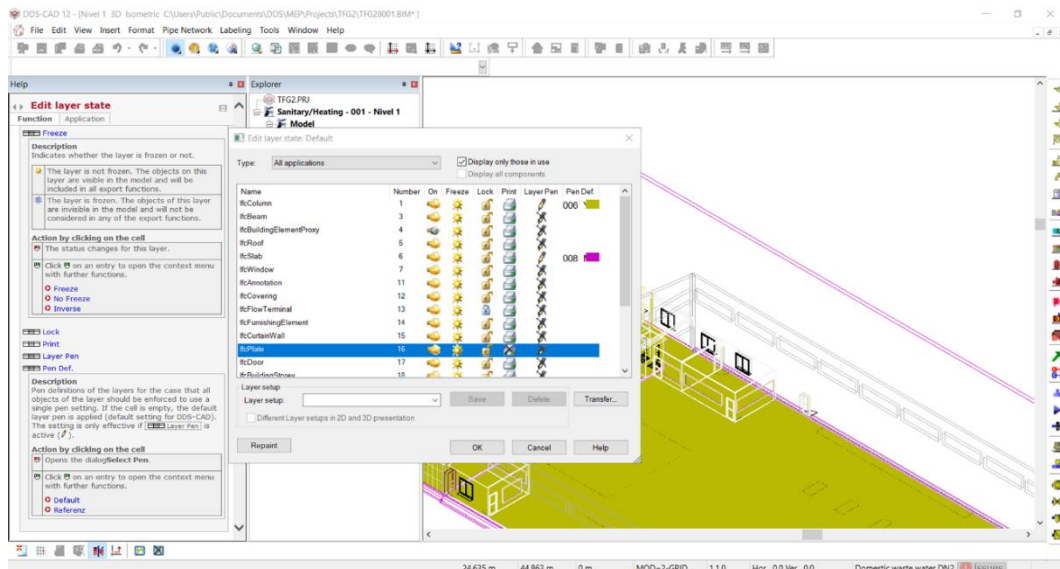


Figura 17. Layer Display: distintas opciones de visualización y comportamiento de las capas del proyecto.  
(Fuente: Elaboración propia.)

Por último, pero de crucial importancia, se ha de verificar la escala del proyecto. Se ha de asegurar que sea de 1:1 ya que DDS-CAD trabaja con medidas reales. Los pasos a seguir para hacer esta comprobación son:

- 1- **Tomar la medida de una distancia de referencia**, como puede ser una puerta, el grosor de un muro, una cota... Para lo cual se pincha en el botón *Measure between Two Points*, se selecciona el punto de inicio de la medida y el punto final obteniéndose un resultado en una ventana como la de la figura:

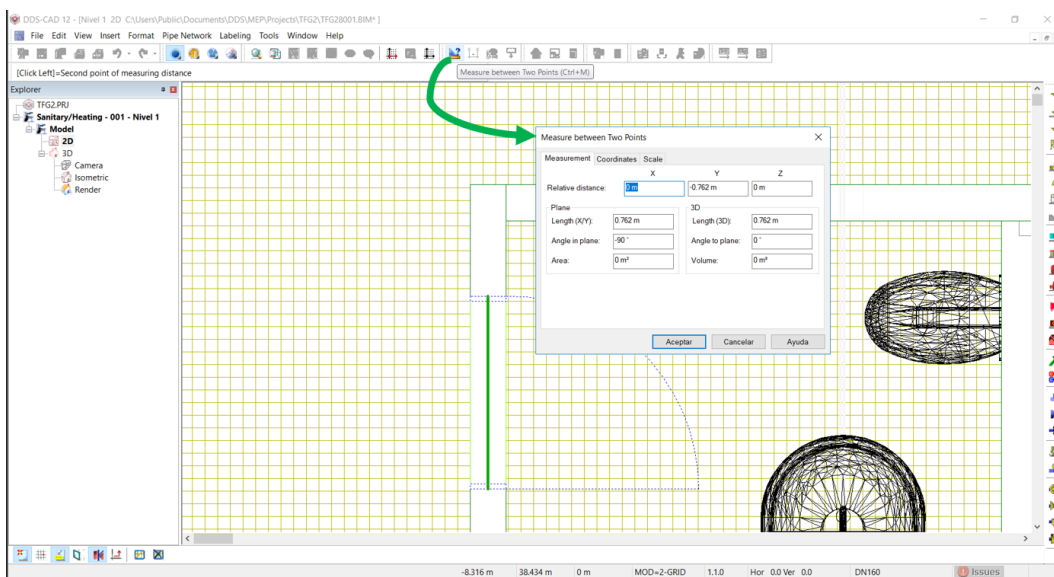


Figura 18. Medir distancias.

(Fuente: Elaboración propia.)

- 2- **Comparar la medida obtenida (1) con la real**. Si son iguales, el proyecto ya está a la escala real. Si no fuera así se procedería a obtener el factor de escala del plano introduciendo la medida real (2) y leyendo el factor de escala (3) que calcula el programa:

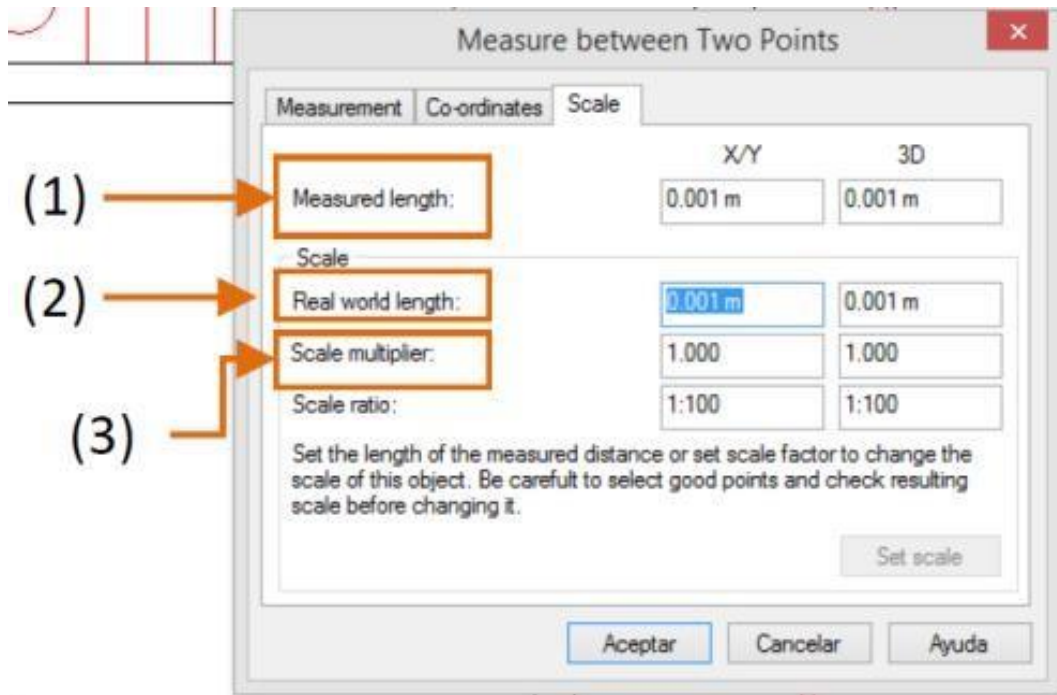


Figura 19. Determinar el factor de escala.

(Fuente: Manual DDS-CAD, LANCHARRO CORDERO, L.J.)

- 3- Escalar el plano con el factor de escala obtenido. En el momento en el que se introduce la medida real, se activa el botón *Set Scale* y se pincha sobre él. Aparecerá calculado el factor de escala en la casilla (3). Ahora sólo resta pulsar *Aceptar* para que todo el dibujo quede escalado:

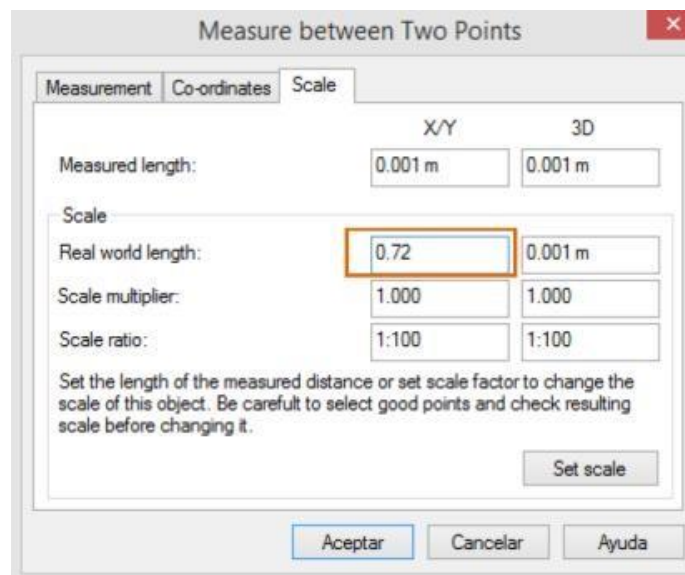


Figura 20. Escalado del dibujo.

(Fuente: Manual DDS-CAD, LANCHARRO CORDERO, L.J.)

### 4.3 Definición de espacios y estancias: *Room Database*.

DDS-CAD dispone de una base de datos de los diferentes espacios que conforman el edificio con el objeto de gestionar la información y propiedades de cada una de ellas para su uso en las diferentes disciplinas. También es útil si se quiere:

- Crear un plano de dibujo
- Insertar techos
- Hacer renders 3D
- Listas de elementos o presupuestos por estancia
- Cálculos de cargas térmicas, de ventilación, de áreas, de suelos radiantes...

Se verá a continuación cómo completar y configurar esta base de datos de estancias. Se ha de estar en el modo de trabajo de Construcción o bien desde cualquiera de las otras disciplinas, acceder a éste:

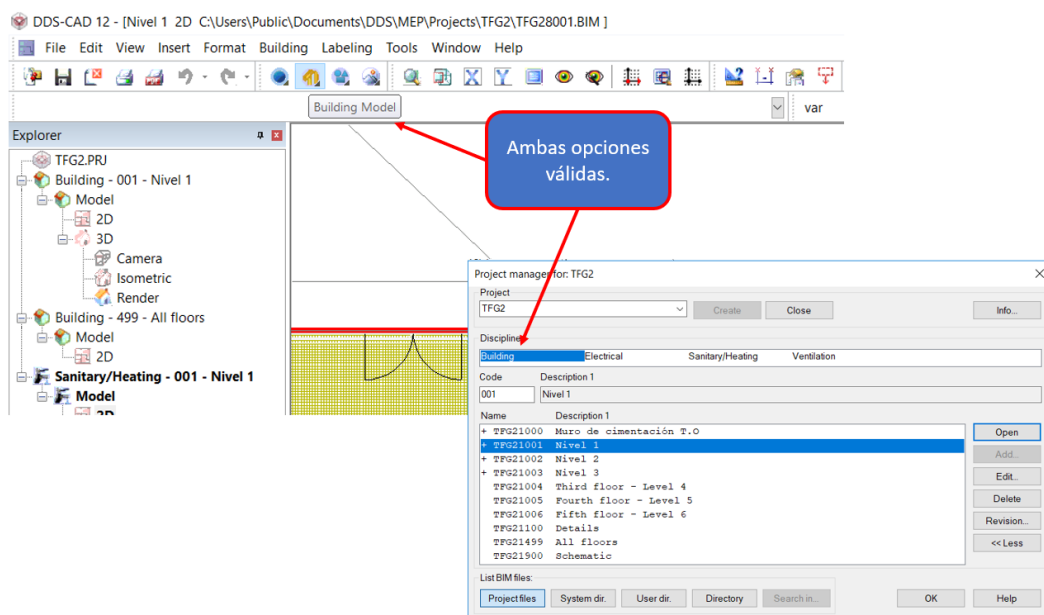


Figura 21. Acceso al modo construcción

(Fuente: Elaboración propia.)

Es preciso seguir algunas reglas para conseguir definir las estancias correctamente:

- 1- Primero, se define la superficie, después la estancia propiamente dicha y por último la puerta y las ventanas si las hubiera.

- 2- La superficie y la estancia han de tener un contorno cerrado. Esto es, que el punto inicial y final de éste deben ser el mismo.
- 3- La superficie y la estancia deben ser definidas en el sentido contrario al de las agujas del reloj – salvo si se definen aberturas dentro del edificio o una estancia dentro de otra.
- 4- Las superficies se definen fijando puntos en el exterior del edificio, mientras que las estancias se definen fijándolos en el interior de éstas.

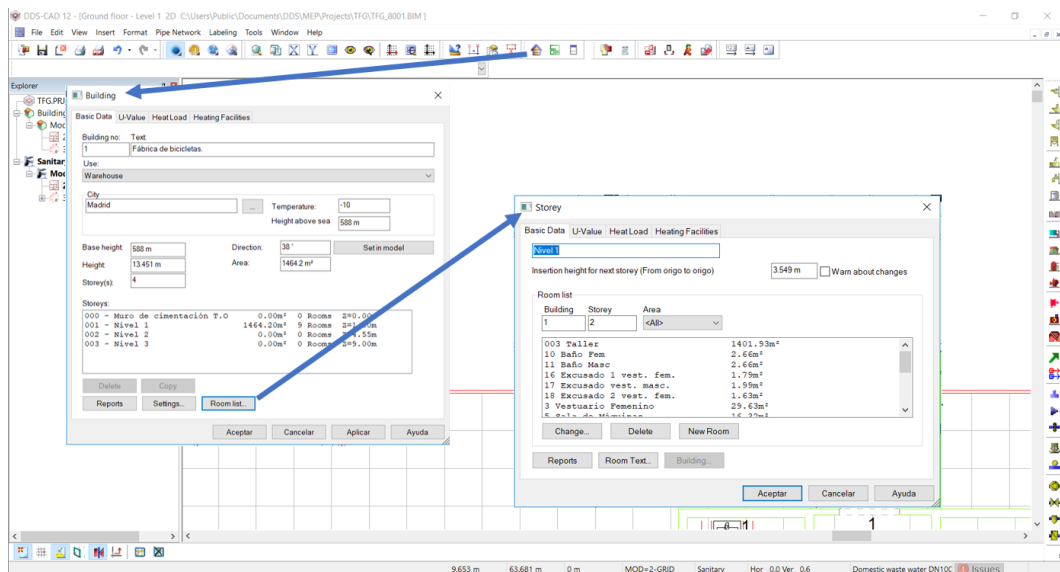


Figura 22. Room Database.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.3.1. Definición de la superficie:

La herramienta *Define Area* se utiliza para describir la envoltura externa del edificio, incluyendo los espacios descubiertos interiores y los huecos con caras hacia el exterior (chimeneas, ascensores, escaleras, etc...). Como se ha importado el proyecto, éste ya trae definida el área del edificio.

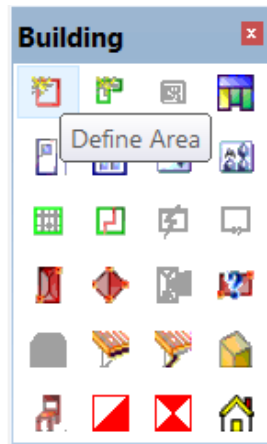


Figura 23. Definición del área del edificio.  
(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.3.2. Definición de las estancias:

Teniendo el área del edificio definida se pueden definir las estancias. Aquí sucede igual que antes, al haberse importado desde el archivo \*.ifc, ya vendrán definidas. No obstante, si alguna no lo estuviera, el modo de proceder se describe a continuación:

- 1- Se pincha en la herramienta *Define Rooms*.
- 2- Se selecciona su contorno punto a punto.
- 3- Se abrirá una ventana en la que se podrán configurar sus características: nombre, número, dimensiones, tipo de muros, de puertas, ventanas, caras térmicas, de ventilación... Una vez ajustadas, se acepta.

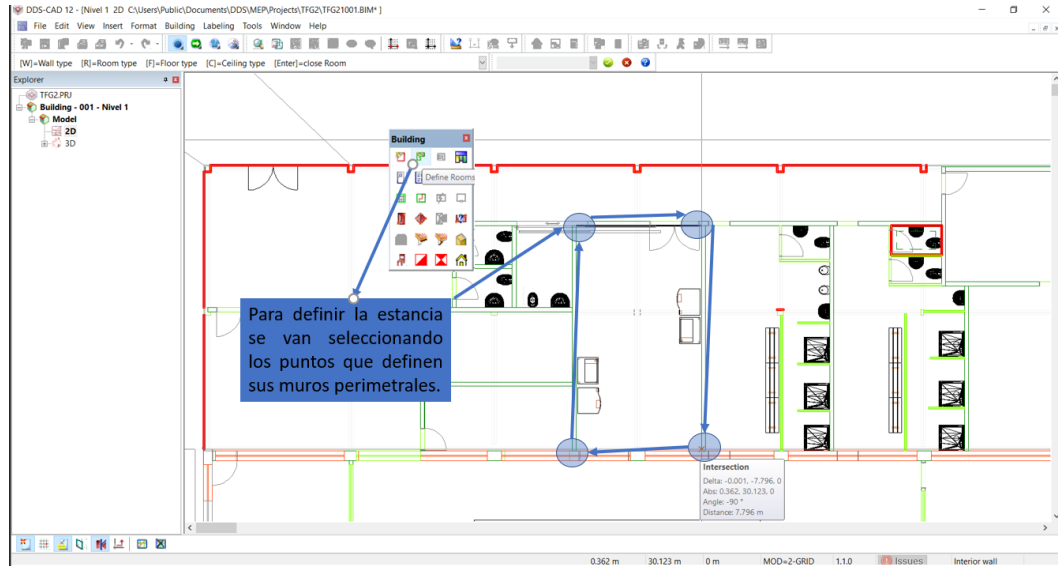


Figura 24. Definición de las estancias.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.4 Cálculo de la carga térmica.

Para el cálculo de los sistemas de calefacción, en cualquiera de sus modalidades, se parte de la determinación de la cantidad de energía que hay que suministrar a cada uno de los espacios habitados en la unidad de tiempo (potencia) para mantener una determinada temperatura (la de comodidad). Esta potencia debe compensar las pérdidas de calor por los elementos constructivos que separan los espacios calefactados del exterior o de cualquier otro ambiente a menor temperatura, pérdidas que son función de la transmitancia de cada uno de los elementos separadores y de la diferencia entre la temperatura interior y la exterior de cálculo, es decir, dependen de la transmitancia de los elementos que definen la estancia a calefactar o, lo que es lo mismo, dependen del aislamiento de los elementos constructivos.

Estas cargas, en la estación cálida serían ganancias, pero en el caso de la refrigeración estas ganancias por transmisión son una pequeña parte de las ganancias del edificio, pues hay que sumar otras cuestiones también importantes (soleamiento, cargas internas, calor latente...).

Para determinar las potencias de calefacción o refrigeración necesarias, a estas cargas hay que sumar las cargas por ventilación.

Para el cálculo de la carga térmica de un edificio en DDS-CAD, los objetos de éste han de estar definidos. Esto es que, tanto suelos, techos, cubiertas, muros, ventanas y puertas, deben tener sus parámetros físicos correctamente definidos.

Para conseguir un resultado satisfactorio, los siguientes parámetros

deben ser correctos:

- Los suelos en contacto con el terreno deben ser definidos como *Floor towards ground*. Las cubiertas planas han de definirse como *Roof*, no como *Ceiling*.
- Los muros exteriores se definirán como *External Wall*. Al igual que las puertas y ventanas exteriores.
- Los objetos del proyecto tienen que tener el valor de transmitancia (*U-value*) correcto. Estos son adquiridos de la base de datos de productos de DDS-CAD. Además, las dimensiones de los objetos han de ser lo más acordes posible a la realidad.
- Las estancias deben tener los valores de infiltración de aire y de temperatura de uso correctos.
- La altura de las plantas debe ser fiel a la realidad.
- La temperatura externa debe ser representativa de la zona en que se ubique el edificio.

Sabiendo esto, conviene ilustrar cómo definir y cambiar las propiedades de los objetos en general y las de los que intervienen en el intercambio térmico en particular.

#### 4.4.1. Definición de propiedades de los objetos. U-valor o transmitancia térmica.

Primeramente, se accede a la *Room list* del modo que se ilustró en la [Figura 22. Room Database](#). Una vez aquí, se elige la estancia en que se encuentran los objetos de los que se quieren cambiar las propiedades y se pulsa *Change*. Estaremos antes una ventana como la siguiente:



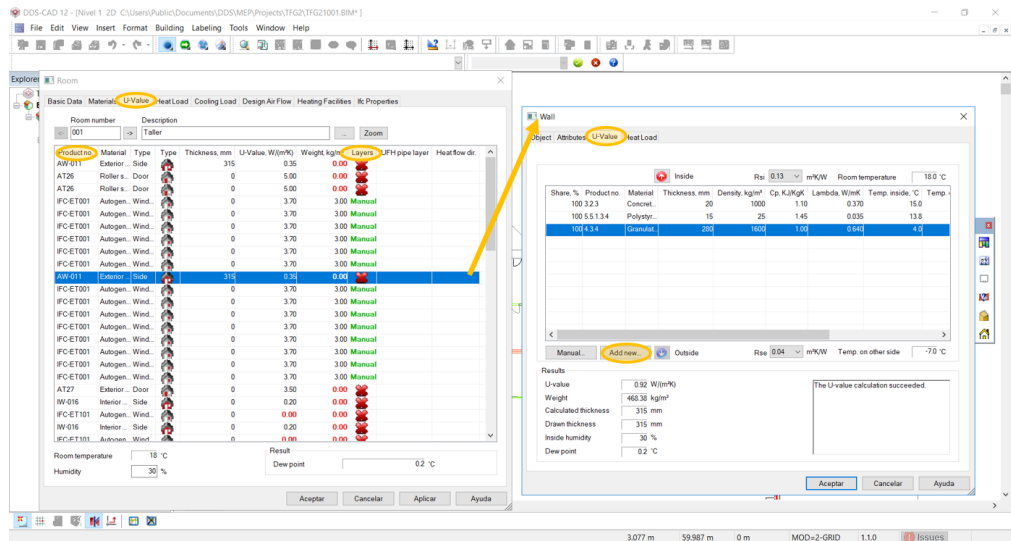


Figura 25. Cambio de las propiedades de los objetos.

(Fuente: Elaboración propia.)

Entonces, podremos acceder a varias pestañas que permiten la modificación de múltiples parámetros de la estancia. Seleccionamos la pestaña *U-value* para configurar este importante valor de cara al cálculo de las cargas térmicas. En esta pestaña se muestran todos los elementos que conforman la envolvente de nuestra estancia: muros, techos, suelos, puertas y ventanas. Haciendo doble clic en cualquiera de ellos accedemos a su ventana de propiedades, donde se pueden modificar sus características físicas tanto geométricas como térmicas, composición...

Es interesante la opción de configurar un objeto por capas (*Layers*), principalmente muros, suelos y cubiertas. Esto nos permite conformar un elemento con múltiples capas (aislantes, ladrillos, placas prefabricadas, cámaras de aire...) del extenso catálogo que ofrece DDS-CAD, cada una de ellas con sus propiedades físicas, para conseguir así un objeto con unas características propias suma de las de cada capa que lo forma.

También se puede asignar un U-valor de forma manual si es conocido. Esto puede ser muy útil y rápido en el caso de puertas y ventanas si el fabricante lo facilita.

#### 4.4.2. Definición de los datos del edificio.

Por último, se definen los datos geográficos y meteorológicos del edificio:

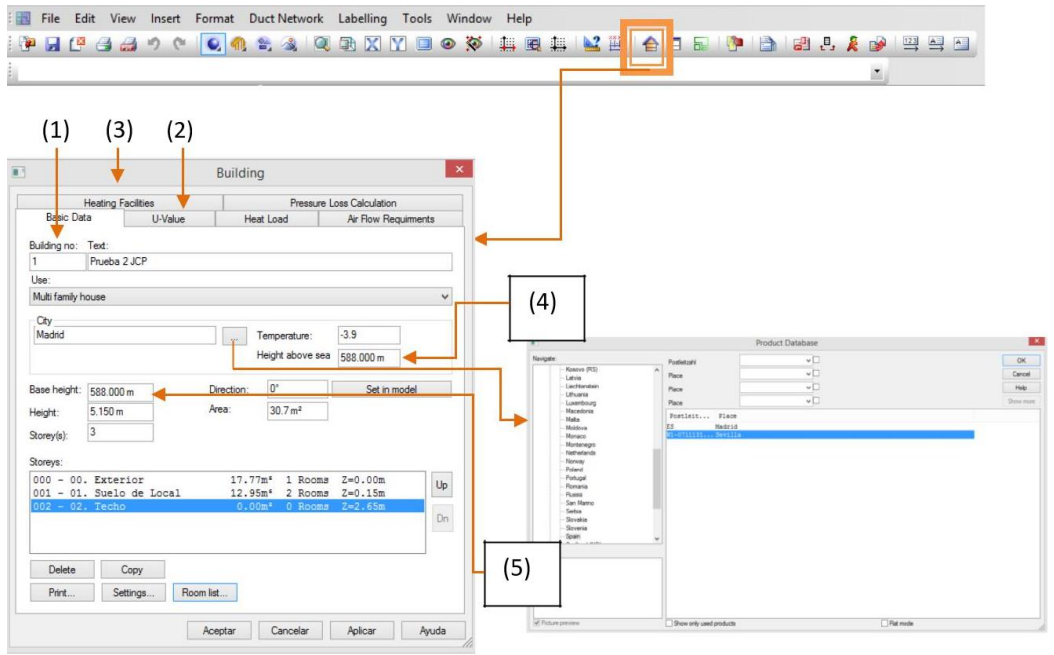


Figura 26. Datos del edificio.

(Fuente: Manual DDS-CAD, LANCHARRO CORDERO, L.J.)

En la figura 26 se muestran los diferentes parámetros que pueden fijarse para el edificio:

- (1) - Número de edificio, nombre, uso según una pequeña base de datos, características geográficas y ubicación, dimensiones, plantas...
- (2) - Valores U o de transmitancia térmica de los componentes que lo conforman.
- (3) - Configuración del cálculo de la carga térmica.
- (4) - Altura sobre el nivel del mar.
- (5) - Altura s.n.m. de base de la primera planta funcional.

#### 4.4.3. Puentes térmicos.

Los puentes térmicos se insertan manualmente. Se deben definir después de haber definido la estancia, por ejemplo, en alféizares de ventanas, dinteles de puertas, juntas de muros... Para añadirlos habrá que acceder a la ventana de información de la estancia. Veamos el ejemplo de un puente térmico en una ventana:

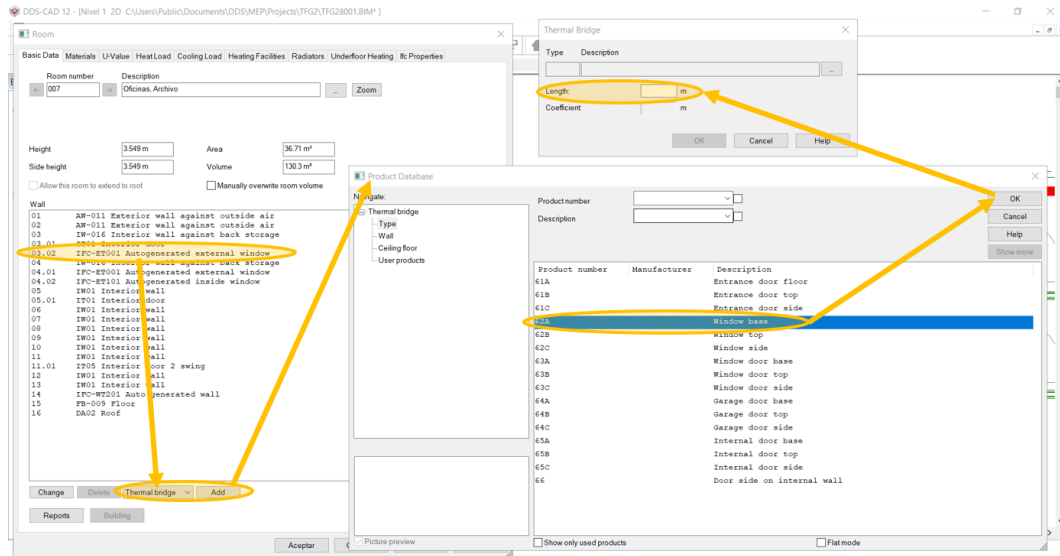


Figura 27. Inserción de puentes térmicos.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez en la ventana de información de la estancia, seleccionamos el elemento que tendrá un puente térmico y pulsaremos *Add*. Se desplegará la ventana de productos tipo puente térmico donde elegiremos el que se adecúe a nuestra necesidad y validamos. En la pequeña ventana que queda ahora activa, titulada *Thermal Bridge* introducimos la longitud que tendrá el puente térmico y validaremos.

Ahora, sólo resta que el cálculo de cargas térmicas los tenga en cuenta, para lo cual habrá que seleccionar la opción conveniente al ir a realizar el cálculo, lo que se explica en el apartado siguiente.

#### 4.4.4. Cálculo de la carga térmica total.

Estamos ya por fin en condiciones de hacer el cálculo de la carga térmica que requiere el edificio. Para ello abrimos la ya conocida ventana *Building Information* y seleccionamos la pestaña *Heat Load*. Revisamos y reajustamos los parámetros que consideremos oportunos para nuestro proyecto: si el edificio está o no abrigado por laderas u otros edificios, flujos de aire, masa del edificio, toma en cuenta de puentes térmicos... Se presiona en *Calculate* y, dependiendo de la complejidad y tamaño del proyecto, en unos segundos aparecerán los resultados en esa misma ventana:

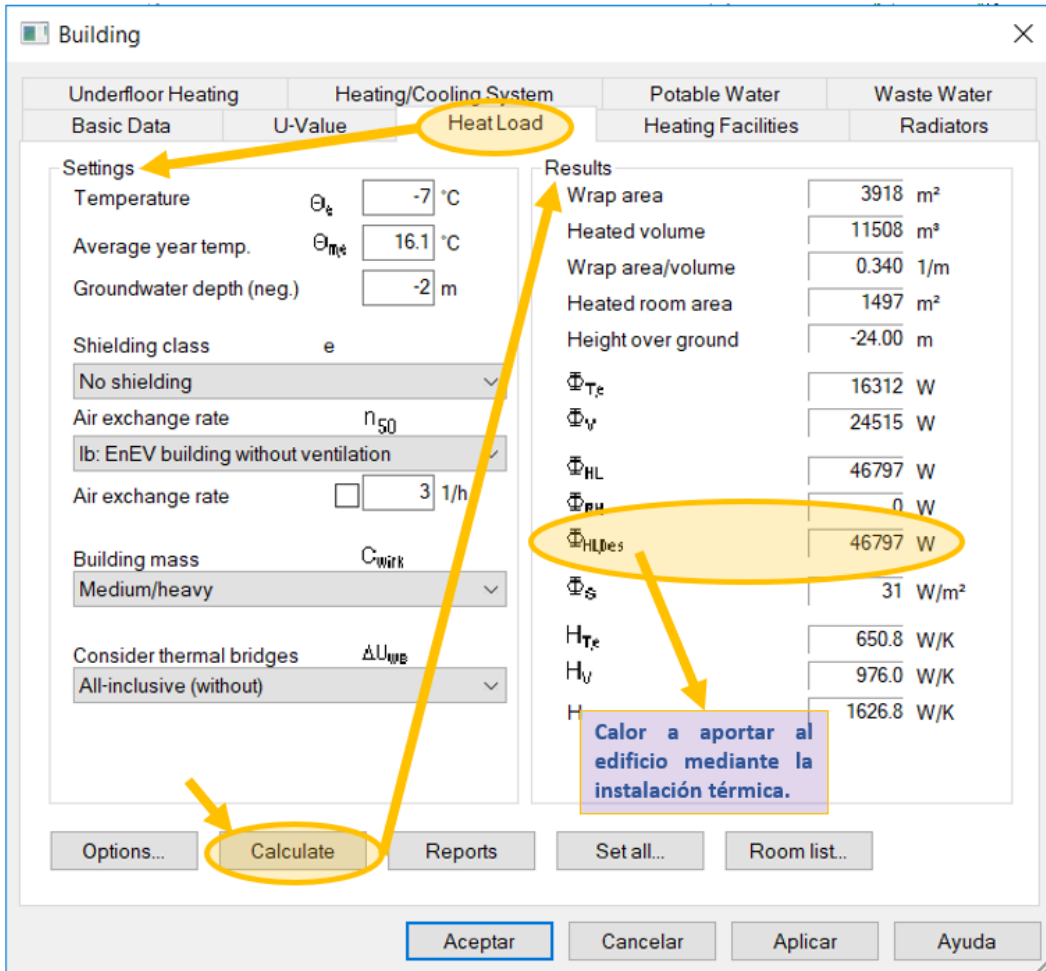


Figura 28. Obtención de resultados del cálculo de la carga térmica.

(Fuente: Elaboración propia.)

Donde:

- $\Phi_{T,e}$  → Suma del calor perdido por todas las habitaciones calefactadas sin considerar el intercambio entre las estancias.
- $\Phi_V$  → Suma del calor perdido por las infiltraciones de aire y ventilación.
- $\Phi_{HL}$  → Suma del calor total perdido por conducción y el perdido por flujos de aire.
- $\Phi_{RH}$  → Suma del calor necesario para compensar los efectos de una interrupción de la calefacción.
- $\Phi_{HL,Des}$  → Necesidad total de calor a aportar por la instalación térmica.
- $\Phi_S$  → Carga calorífica específica.

Para comprobar los resultados, se puede acceder a cualquier estancia para ver por qué componente de la misma se pierde calor al ambiente. Desde el listado de estancias se hace doble clic sobre la cual queremos ver los resultados:

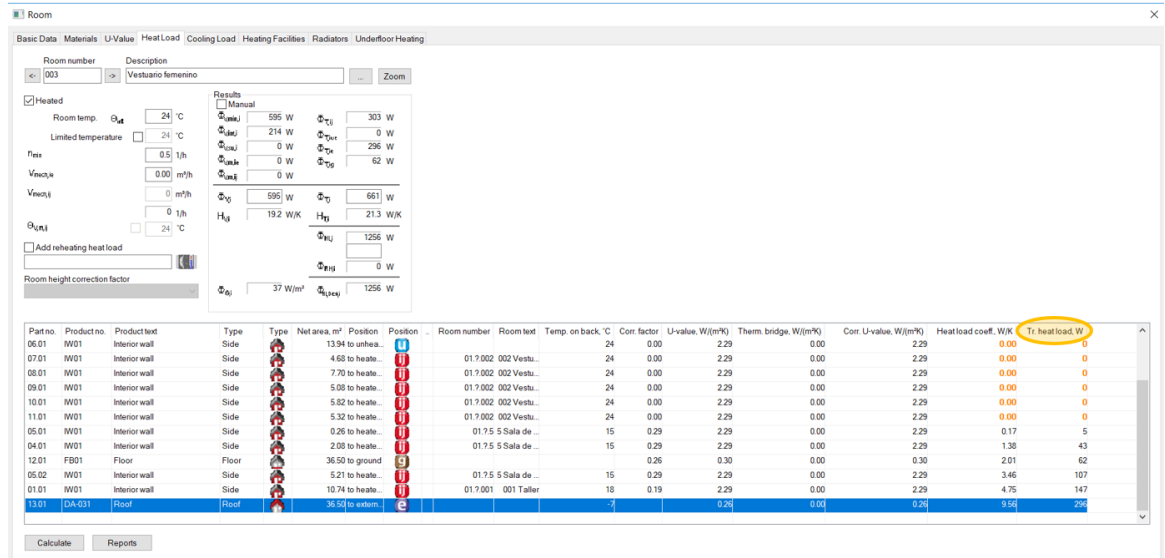


Figura 29. Resultados del cálculo de la carga térmica en una estancia en particular.

(Fuente: Elaboración propia.)

La pérdida de calor de una estancia, su temperatura, infiltraciones, etc se muestran aquí. En la última columna, *Tr. Heat load, W*, se muestra la pérdida de calor en Watts por ese elemento. Podemos así buscar dónde mejorar nuestro aislamiento térmico.

#### 4.4.5. Obtención de informes

Después de haber acabado el cálculo, es posible obtener un informe de éste. Tanto desde la ventana de las propiedades del edificio como desde la de las de una estancia, pestaña *Heat Load*, tenemos disponible el botón *Report*. Se despliega una ventana como la de la figura donde podremos seleccionar qué información deseamos que aparezca en dicho informe:

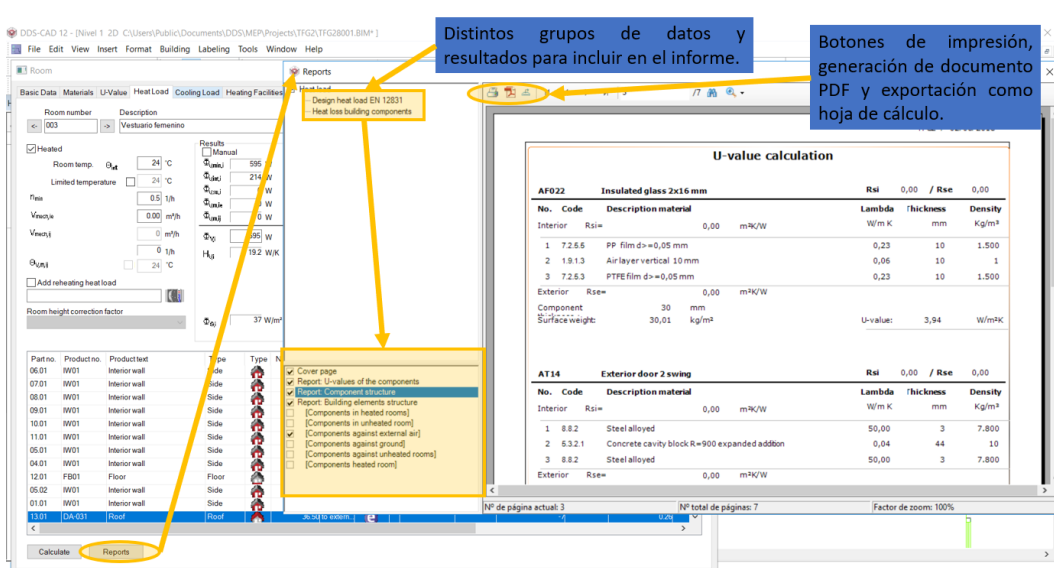


Figura 30. Generación de informes del cálculo de las cargas térmicas.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5 Diseño de la instalación térmica.

Bajo DDS-CAD, el diseño de la instalación térmica se basa en la carga térmica y el U-valor o transmitancia calculadas previamente. Una vez se conocen estos requerimientos, el programa es capaz de calcular los caudales de agua, pérdidas de presión, temperatura de las superficies de intercambio, etc para cada estancia y, por consiguiente, para la totalidad del edificio. También es necesario definir el reparto proporcional de cada tipo de instalación térmica, bien en la totalidad del edificio, bien en toda una planta o estancia por estancia. Esto se hace desde la pestaña *Heating Facilities* de la ventana de propiedades del edificio o estancia:

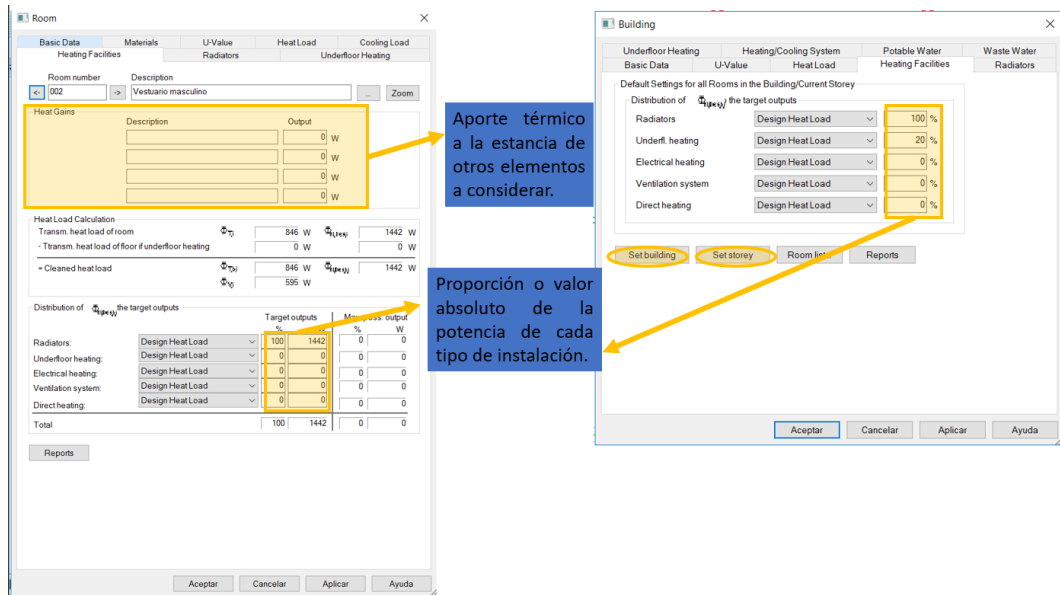


Figura 31. Reparto de la carga térmica entre los distintos tipos de instalaciones.

(Fuente: Elaboración propia.)

En las ventanas de la figura precedente se muestran las posibilidades de distribución de la carga térmica. En el apartado *Heat Gains*, se pueden consignar aquellas fuentes de calor relevantes en una estancia como pueden ser los equipos eléctricos o electrónicos, hornos, cocinas, grandes motores...

Cuando se quieran ajustar estos repartos a nivel de edificio o planta, una vez en la ventana de información del edificio, podemos pinchar en el botón *Set building* o *Set storey* para extender la configuración seleccionada a todo el edificio o a toda la planta en la que se está trabajando en ese momento, respectivamente.

El software que nos ocupa permite la consideración en nuestros cálculos de diferentes tipos de calefacciones: suelo radiante, radiadores, calefacción eléctrica, sistema de ventilación y calefacción directa (estufas y sistemas de calefacción por combustión de gas, leña, queroseno...). El programa sólo es capaz de diseñar instalaciones de suelo radiante y de radiadores. Pasemos ahora a mostrar cómo hacerlo con DDS-CAD en estos dos casos.

#### 4.5.1. Elementos emisores de calor.

##### 4.5.1.1. Suelo radiante

Dando por configuradas las proporciones de carga térmica para cada tipo de instalación, accederemos a la pestaña del U-valor del suelo donde vaya a instalarse el suelo radiante, bien en todo el edificio, o en

el de las estancias elegidas. Se deben configurar las capas del suelo como se explicó en el [epígrafe 4.4.1.](#), y seleccionar en qué capa del mismo se alojarán los tubos radiantes:

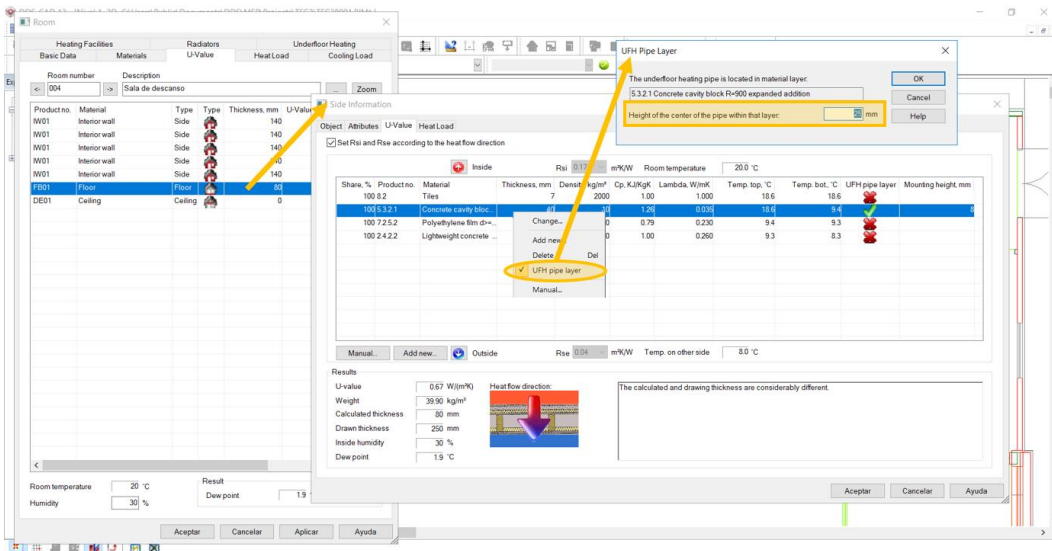


Figura 32. Inserción de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez en la ventana de edición de las capas del suelo, hacemos clic con el botón derecho sobre la capa donde irá insertado el tubo radiante para desplegar el menú contextual en el que se elegirá *UFH pipe layer* para elegirla como hospedante del tubo. Se abrirá una ventana donde habremos de definir a qué altura de esa capa se va a encontrar el eje central del tubo radiante. Por último, validamos todas las ventanas para salir y proceder con el siguiente paso.

Ahora, en la conocida ventana de la información del edificio, seleccionamos la pestaña *Underfloor heating*. Lo primero que necesitamos seleccionar es un fabricante de materiales de este tipo de instalaciones. Esto es imprescindible si queremos que DDS-CAD calcule la instalación de suelo radiante ya que obtiene todos los datos de cada componente y accesorios de la misma de la base de datos del fabricante seleccionado (botón [1]). Se incluyen algunos por defecto en el programa, pero también es posible cargar otras bases de datos que nos puedan proporcionar otros fabricantes (botón [2]). Esto último no es complicado, pero no es para nada intuitivo: es necesario haber copiado un archivo \*.ard en el directorio SYS del programa, por defecto C:\Program Files (x86)\DDS\MEP\Sys, que contenga los datos del fabricante del sistema de suelo radiante a utilizar:



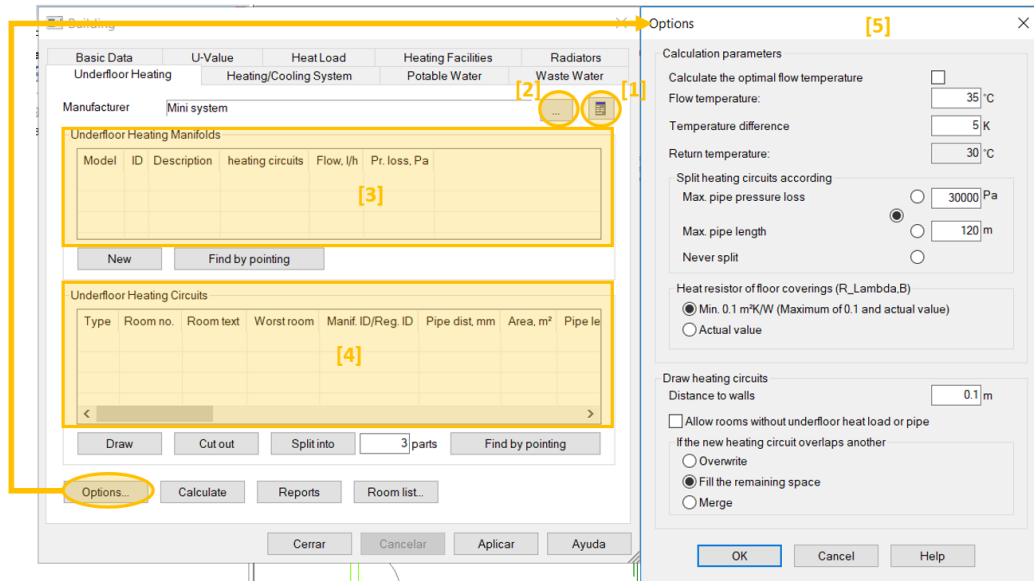


Figura 33. Configuración de la instalación de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

En la tabla *Underfloor Heating Mainfolds* [3] se mostrarán los distribuidores que vayamos colocando mediante el botón *New*. Estos elementos serán los que permitan, desde la red general de calefacción, conectar los circuitos de suelo radiante que vayamos definiendo en la tabla *Underfloor Heating Circuits* [4].

Al presionar sobre el botón *New* se mostrará una ventana tipo *Product database* donde elegir el distribuidor a insertar. Una vez validada la selección, se muestra una ventana donde configurar el elemento elegido en sus dimensiones, cotas de posicionamiento, textos y etiquetas, marcadores... Terminada su configuración, se pasa al modo dibujo donde emplazaremos el elemento en la ubicación que elijamos:

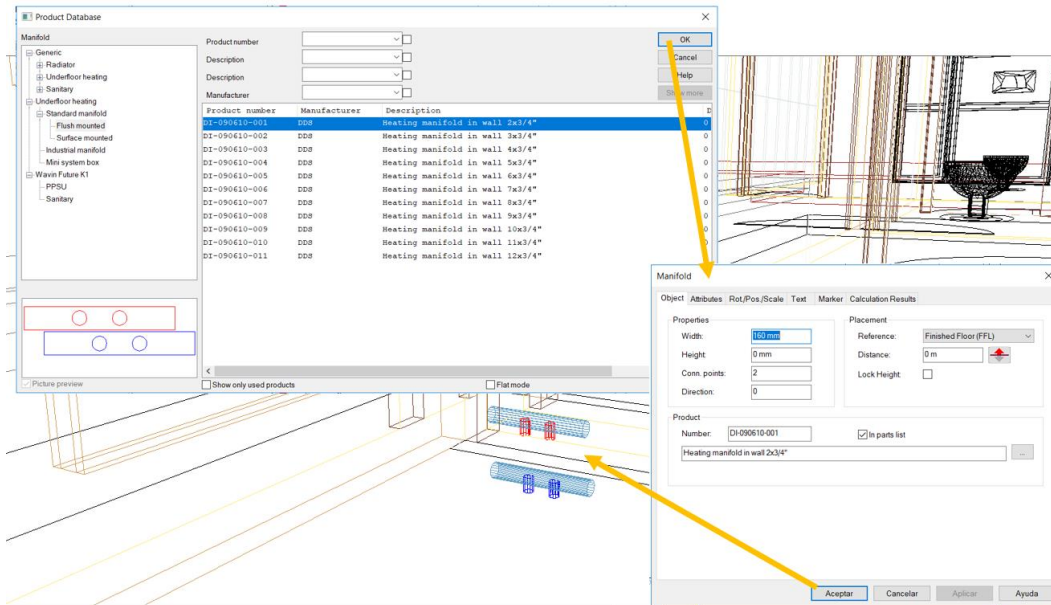


Figura 34. Inserción del distribuidor para circuitos de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

Seguidamente, definimos los circuitos de suelo radiante [4]. Para ello se pincha en el botón *Draw*. Esto nos permite trazar el área que ocupará el circuito. Si posteriormente queremos subdividir el circuito en varios más pequeños, podemos hacerlo usando el botón *Split into \_\_\_ parts* consignando el número de partes en que queremos dividirlo.

Para elegir las características del tubo del circuito de una estancia, accedemos a la ventana de información de la estancia y, desde la pestaña *Underfloor Heating*, seleccionamos en el recuadro *Pipe* el botón "...". Se mostrará la base de datos de productos y elegiremos el tubo que más convenga:

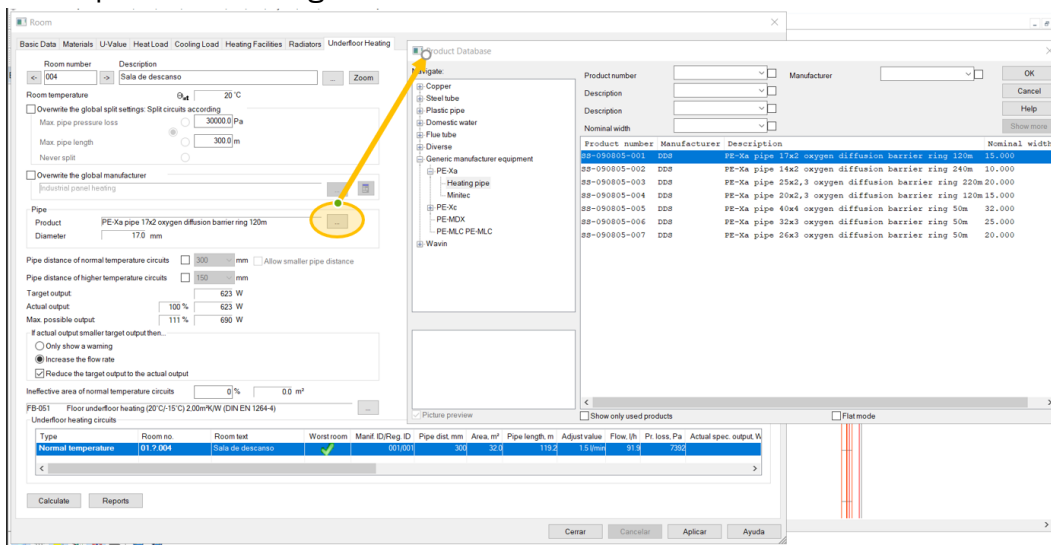


Figura 35. Elección de tipología de tubos para circuitos de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

Por último, resta ajustar algunos parámetros de nuestro suelo radiante. Accederemos a ellos desde el botón *Options* que muestra la [figura 32](#). Una vez pulsado, se desplegarán las opciones [5] que nos permiten cambiar parámetros de vital importancia en la instalación de suelo radiante: Temperatura de entrada del fluido, su salto térmico al abandonar el circuito, limitaciones por circuito de pérdida de carga o longitud, etc... Nótese que un suelo radiante al uso ha de trabajar entre 30 y 45°C. También se da la opción dejar que DDS-CAD optimice este parámetro en función de las características de la instalación y entorno.

En el momento en que tenemos definidos todos los parámetros del sistema de suelo radiante, ya podemos lanzar el cálculo de la instalación. Pulsando el botón *Calculate* el programa calcula los valores y parámetros de funcionamiento. Ahora, haciendo doble clic en el circuito deseado, se muestra información y opciones sobre él. Se puede elegir a qué colector conectarlo, si queremos que no trabaje o lo haga a menor o mayor temperatura que la necesaria para calefactar la estancia, o asignarle un número concreto. También se accede desde aquí a las capas que forman el suelo donde está encastrado ese circuito y a sus U-valores. Finalmente, se muestran los resultados del cálculo para ese circuito: máxima temperatura que puede alcanzar la superficie según el fabricante, la temperatura que alcanzará según el cálculo, distancia entre tubos, longitud de éstos, temperatura del fluido a la entrada y salida, caudal, pérdida de carga en el circuito y potencia específica y total.

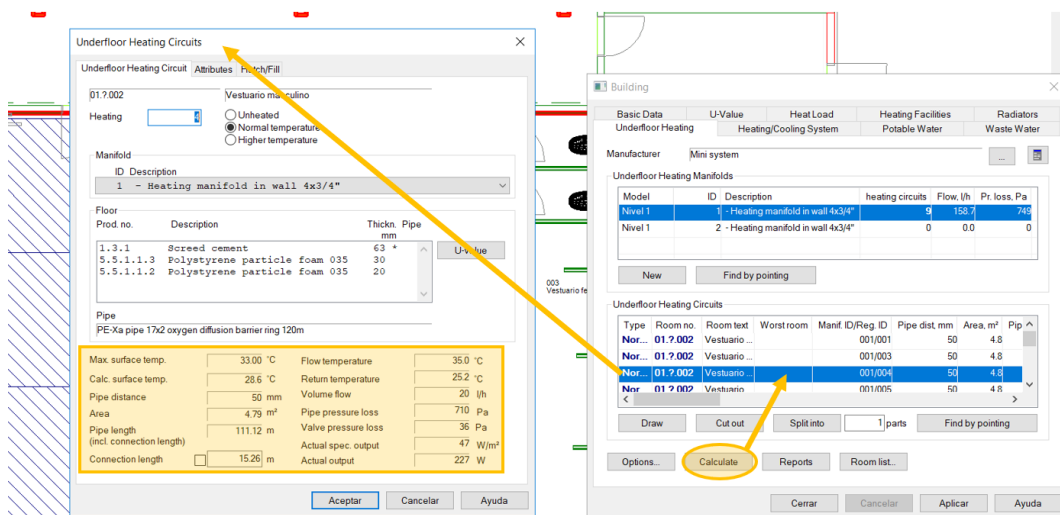


Figura 36. Obtención de los resultados del cálculo de un circuito de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

Como en cualquier otro tipo de cálculo, DDS-CAD nos permite también obtener informes con los resultados, listas de productos, balances térmicos...:

Heating circuit ma		1.001		Flow temperature		35 °C		
				Return temperature		25 °C		
No. area	No. room	Room description						
Zone	Pipe diameter	Flow velocity	Pressure loss	Volume flow	Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss	
Area	mm	m/s	Pa	l/s	Pa	Pa	Pa	
m²	mm	l/s	Pa	l/s	Pa	Pa	Pa	
							Setpoint	
1	002	Vestuario masculino						
Comfort zone:	4.8 50	227	47.4	116.7	0	0.0	10	
						20.0	746	
						0	0.00	
						0	0.3 l/min	
2	004	Sala de descanso						
Comfort zone:	10.7 150	208	19.5	88.2	0	0.0	14	
						12.9	382	
						365	0.21	
						0	0.2 l/min	
3	002	Vestuario masculino						
Comfort zone:	4.8 50	227	47.4	114.0	0	0.0	10	
						20.0	727	
						19	1.45	
						0	0.3 l/min	
6	002	Vestuario masculino						
Comfort zone:	4.8 50	227	47.4	104.5	0	0.0	10	
						20.0	664	
						82	0.70	
						0	0.3 l/min	
7	002	Vestuario masculino						
Comfort zone:	4.8 50	227	47.4	101.6	0	0.0	10	
						20.0	648	
						98	0.84	
						0	0.3 l/min	
8	004	Sala de descanso						
Comfort zone:	10.7 150	208	19.5	83.1	0	0.0	14	
						12.9	360	
						387	0.21	
						0	0.2 l/min	
9	004	Sala de descanso						
Comfort zone:	10.7 150	208	19.5	78.0	0	0.0	14	
						12.9	338	
						410	0.20	
						0	0.2 l/min	

Figura 37. Informes de los circuitos de suelo radiante.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.1.2. Radiadores

Como en el caso de la instalación de suelo radiante, el cálculo de los radiadores bajo DDS-CAD, está basado en el cálculo de la carga térmica necesaria que se haya hecho previamente como se explicó en el apartado 4.4. Si la potencia requerida en cada estancia es conocida, como debiera ser el caso por lo tratado anteriormente, el programa buscará entre los fabricantes de su base de datos al que mejor se adecúe a esos criterios calculados, bien, como se explicó en el apartado previo, cargar la base de datos del fabricante de nuestra elección.

Se establecerá la prioridad para aquellos parámetros que consideremos de mayor importancia en función de la geometría de nuestras estancias: potencia, altura, longitud o grosor de los radiadores.

Como se indicó anteriormente al hablar de las *Heating Facilities*, es preciso haber definido la proporción de carga térmica que combatirá cada tipo de calefacción, en este caso se necesita que los radiadores tengan una proporción significativa para que pueda realizarse el cálculo de la instalación.

En la pestaña *Radiators* de la ventana de información del edificio se pulsa en *Options* desplegando así la ventana que se muestra en la figura inferior. En ésta se puede elegir entre dos opciones:

- *Just calculate the flow temperature*: Esta opción tiene utilidad de cara a un ajuste en una instalación ya existente, ya que sólo permite el reajuste de la temperatura del fluido calefactor.

- *Adjust the radiators*: Esta es la opción más interesante de cara al diseño. Marcando *Insert radiators* el programa los insertará automáticamente al terminar el cálculo. Permite configurar los parámetros de la instalación, así como elegir el tipo de radiador y fabricante. También permite ajustar las distancias a pared y suelo, decidir si calcular sólo las habitaciones sin radiadores ya asignados, si el programa los situará también en habitaciones sin ventanas (en este caso lo hará en medio de la estancia), la potencia mínima de una estancia para considerarla en el cálculo o el máximo de potencia por radiador. En la parte inferior de esta opción se presentan cuatro parámetros cuyo nivel de consideración en el cálculo puede ser ajustada: longitud, altura, anchura y potencia por radiador.

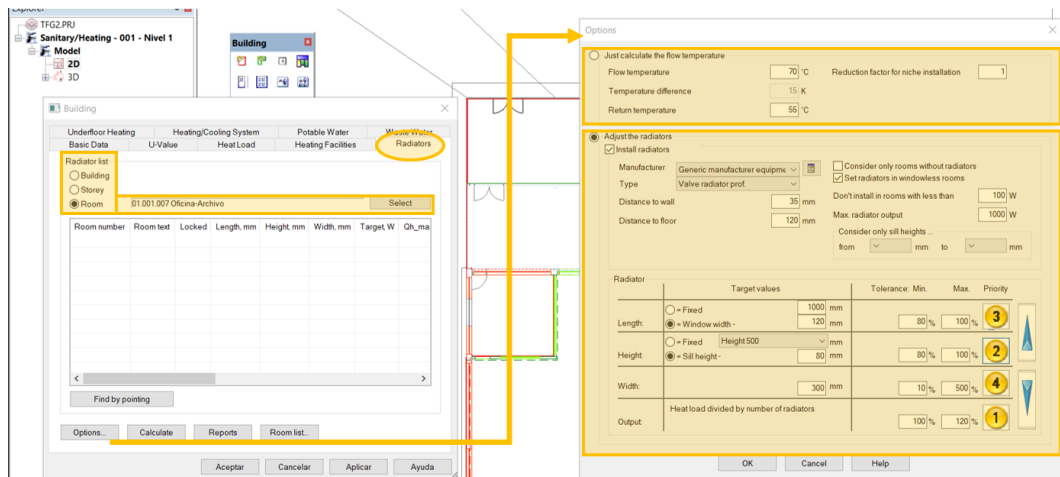


Figura 38. Configuración del cálculo de la instalación de radiadores.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez configuradas las opciones para el cálculo, ya se puede lanzar éste, bien para todo el edificio, planta o estancia individual. A continuación, se refleja un ejemplo de los resultados de este último caso:

Room number	Room text	Locked	Length, mm	Height, mm	Width, mm	Target W	Qh_max, W	%	Dimensioned	Manufacturer	Type	Return temp., °C	D	Phi_HL, W	Phi_HL_Aust,b, W	Room target output, W	Room max. output, W
01.001.007	Oficina-Ar...		1000	500	61	663	679	102	✓	Generic man...	Valve...	53	0	2650	2650	2650	2716
01.001.007	Oficina-Ar...		1000	500	61	663	679	102	✓	Generic man...	Valve...	53	0	2650	2650	2650	2716
01.001.007	Oficina-Ar...		1000	500	61	663	679	102	✓	Generic man...	Valve...	53	0	2650	2650	2650	2716

Figura 39. Resultados del cálculo de radiadores para una estancia.

(Fuente: Elaboración propia.)

Aquí podemos ver cómo ha repartido el programa los requerimientos energéticos entre los radiadores de la estancia, cuánta potencia a cada uno y si cubre la demanda de carga térmica calculada para ella.

También podemos cambiar a nuestro gusto cada radiador asignado automáticamente por otro modelo de la base de datos del fabricante. Basta con hacer clic derecho en el radiador elegido y pulsar *Change...* o doble clic directamente. El programa recalculará los nuevos parámetros energéticos de ese radiador y podremos ver si se ajusta a nuestras necesidades.

En este punto, podemos pulsar el botón *Aplicar* y el programa situará automáticamente los radiadores en las estancias según los resultados obtenidos. Como ya se dijo, en estancias sin ventanas serán ubicados en el centro, cosa fácilmente modificable manualmente:

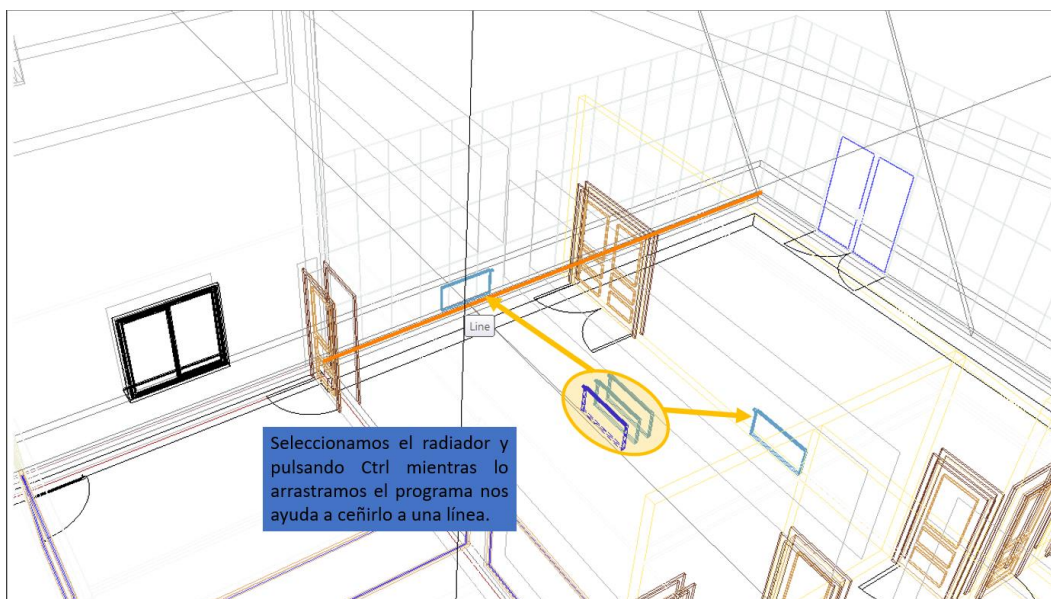


Figura 40. Redistribución de radiadores generados automáticamente en una estancia sin ventanas.

(Fuente: Elaboración propia.)

Del mismo modo que en anteriores apartados, podemos crear un informe de los cálculos y listado de componentes. Hacemos clic en el botón *Reports* y se nos mostrará la ya conocida ventana donde seleccionar qué incluir en el informe y las distintas opciones para exportarlo o imprimirlo:

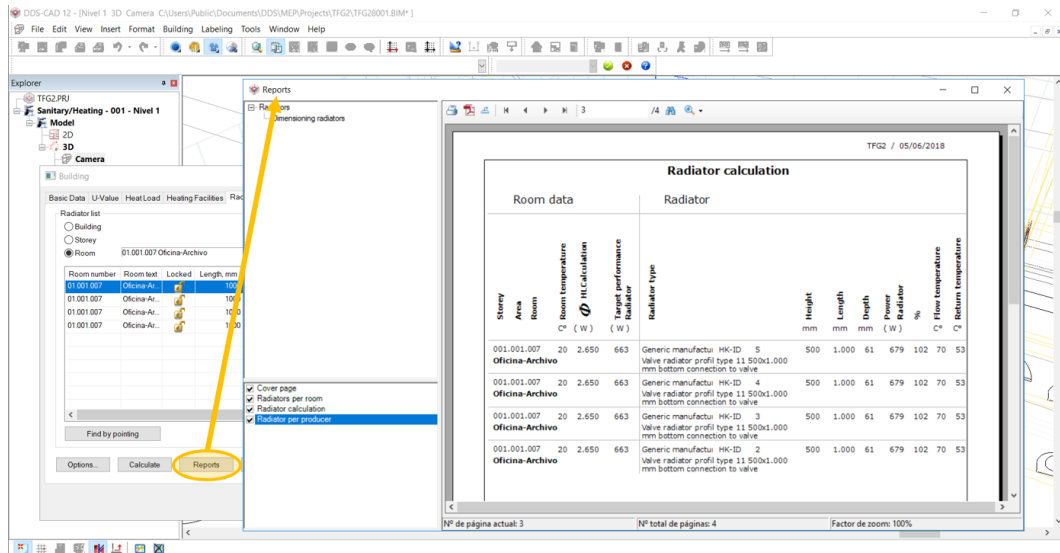


Figura 41. Extracción de informes del cálculo y componentes de la instalación de radiadores.

(Fuente: Elaboración propia.)

### 4.5.2. Elementos generadores de calor.

DDS-CAD cuenta con una amplia base de datos de productos. Así encontramos calderas, calentadores, termos, colectores solares ... A la hora de colocarlos se procederá de forma similar en todos ellos. En los siguientes apartados se mostrará cómo colocar los elementos de uso más común.

Respecto al dimensionamiento de la instalación, ya hemos mostrado previamente cómo calcular la demanda térmica de calefacción de nuestro edificio y cómo combatirla con elementos emisores. No ha de olvidarse también la carga térmica por agua caliente sanitaria que nuestro edificio puede requerir. Sabiendo esto, elegiremos el equipamiento necesario para cubrir toda esta demanda energética. Podemos elegir un equipo suficientemente potente como para generar toda la energía demandada o dividir la carga entre diferentes equipos y/o circuitos.

#### 4.5.2.1. Calderas y calentadores

El extenso catálogo de DDS-CAD en cuanto a calderas, calentadores y equipos térmicos se refiere se nos mostrará en el momento en que

seleccionemos el botón *Boiler/Safety Device* indicado en la figura. Se abrirá ante nosotros la típica ventana de la base de datos de productos donde encontraremos desde calderas de gas de 15kW hasta calderas de fuel industriales de 2900kW pasando por calentadores de agua domésticos a gas o equipos de combustión de biomasa o pellets y calderas domésticas de un amplio rango de potencias y distintas configuraciones y combustibles:

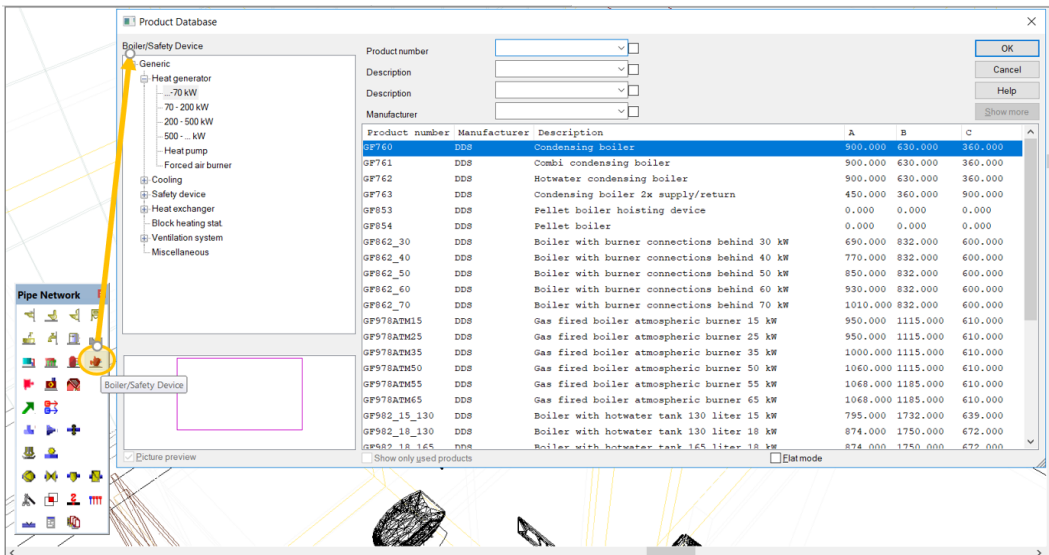


Figura 42. Catálogo de calderas, calentadores y elementos de seguridad térmica.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez seleccionado el elemento deseado, pulsamos *OK* y se nos mostrará un cuadro de diálogo en el que ajustar varios parámetros del mismo: [1] posición relativa a una superficie (suelo, techo...), distancia a esa superficie, [2] ángulo de rotación según cada uno de sus tres ejes, escalado, [3] atributos de presentación en el dibujo como color de línea o etiquetas...:



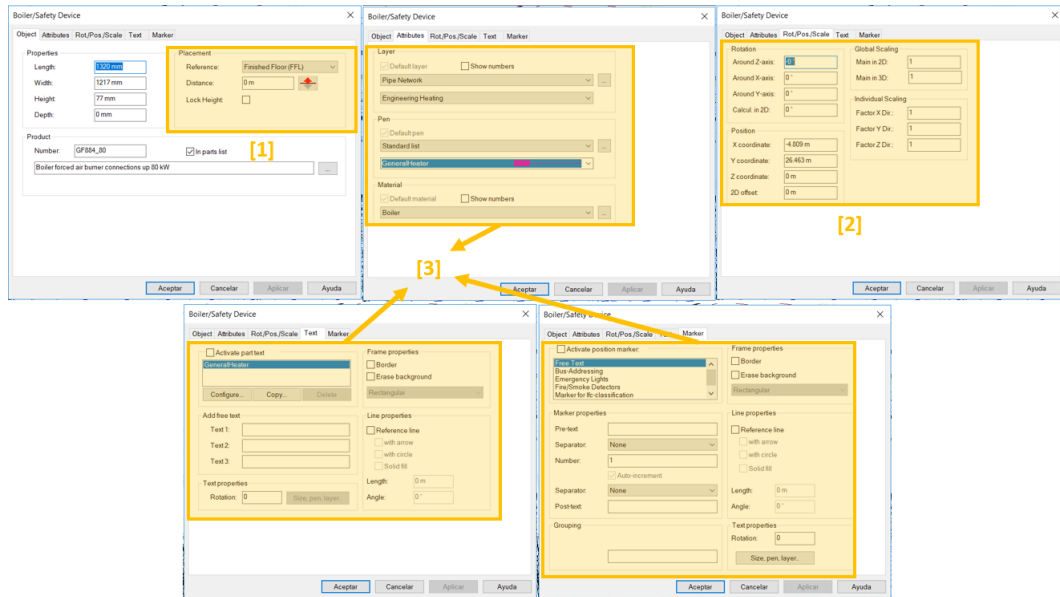


Figura 43. Parámetros configurables de un objeto.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez definidos estos parámetros, aceptamos y pasaremos al espacio de dibujo donde podremos situar en su emplazamiento el objeto simplemente clicando en el lugar elegido:

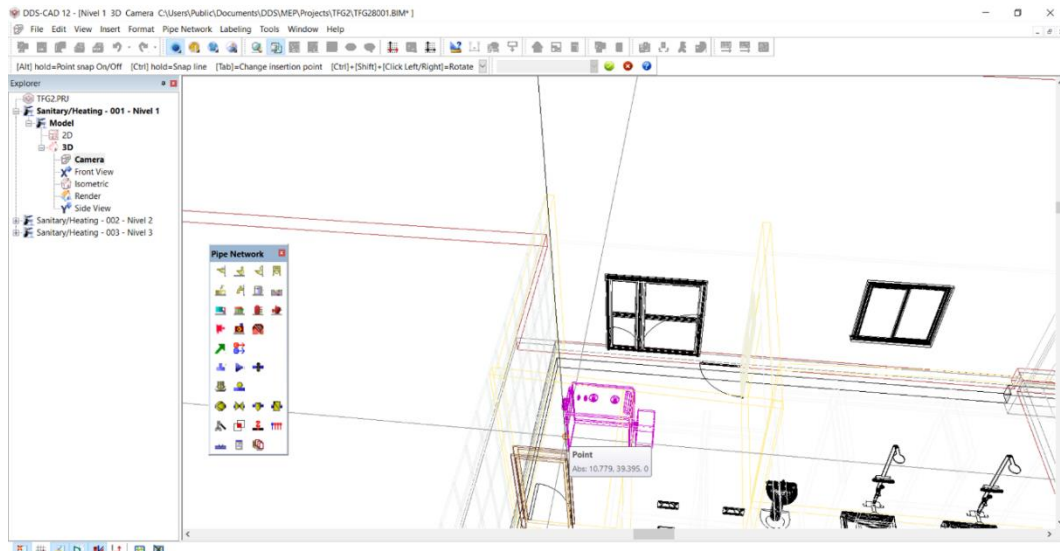


Figura 44. Colocación del objeto seleccionado en el dibujo.

(Fuente: Elaboración propia.)

También podemos instalar calentadores eléctricos del mismo modo, con la salvedad de que, mientras que los equipos de combustión presentarán toma de aire y salida de gases de combustión, éstos irán conectados a la instalación eléctrica correspondiente y convenientemente dimensionada:

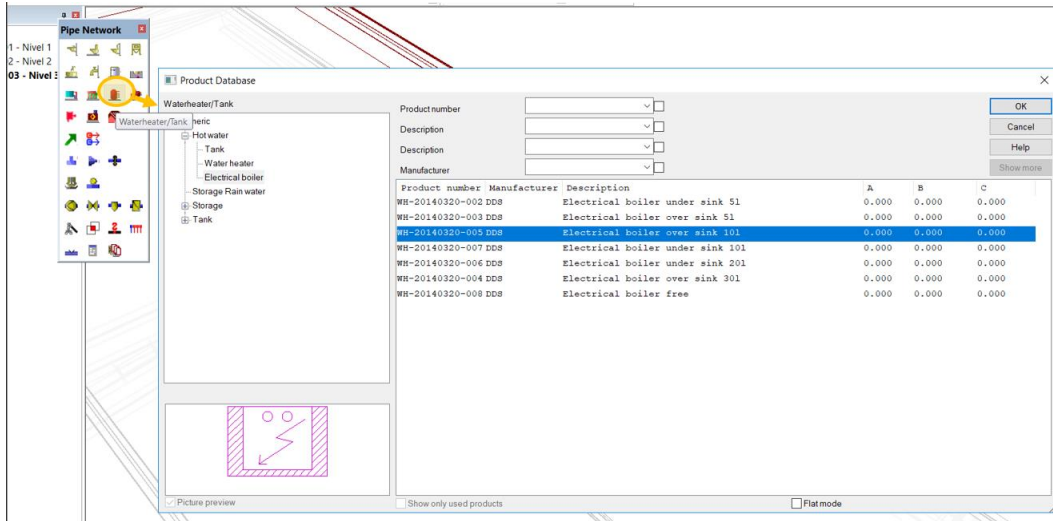


Figura 45. Catálogo de calentadores eléctricos.

(Fuente: Elaboración propia.)

En el [siguiente capítulo](#) se verá cómo se conectan estos equipos a sus redes hidráulicas de trabajo.

#### 4.5.2.2. Colectores solares

Los colectores solares son unos elementos generadores más, sin embargo, presentan la particularidad de que suelen ir colocados sobre cubiertas o superficies horizontales exteriores, normalmente, con unos grados de inclinación según la latitud del emplazamiento del edificio. Veremos unos ejemplos de colocación de colector solar clásico y también el del novedoso y eficiente sistema de tubos de vacío que, en su variante de *heat-pipe* o de intercambio de calor por cambio de fase, ve incrementada su eficacia al ser colocado en fachadas verticales.

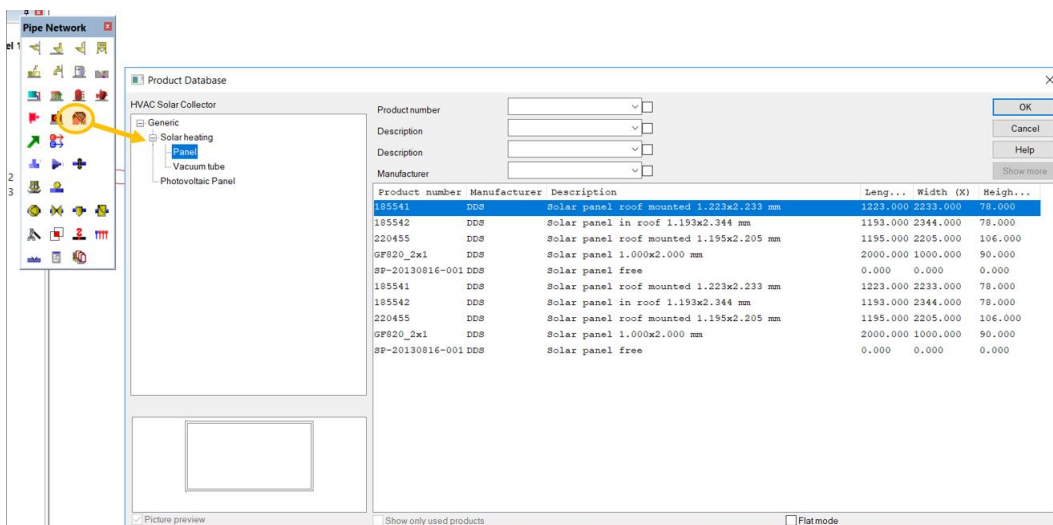


Figura 46. Catálogo de colectores solares.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.2.2.1. Colector solar de placa plana.

Este tipo de colector suele utilizarse en cubiertas o cualquier tipo de superficie exterior disponible para ello. Se selecciona del catálogo el producto deseado y se pulsa *Ok*. Se muestra el cuadro de diálogo detallado en la [figura 42](#), donde configuraremos cómo queremos que se inserte el objeto. En este caso lo haremos a ras (0m) de la cara superior de la cubierta con una inclinación de 7° que son los que presenta esta cubierta respecto a la horizontal. Además, le podemos dar una inclinación apropiada hacia el mediodía para mejorar su rendimiento:

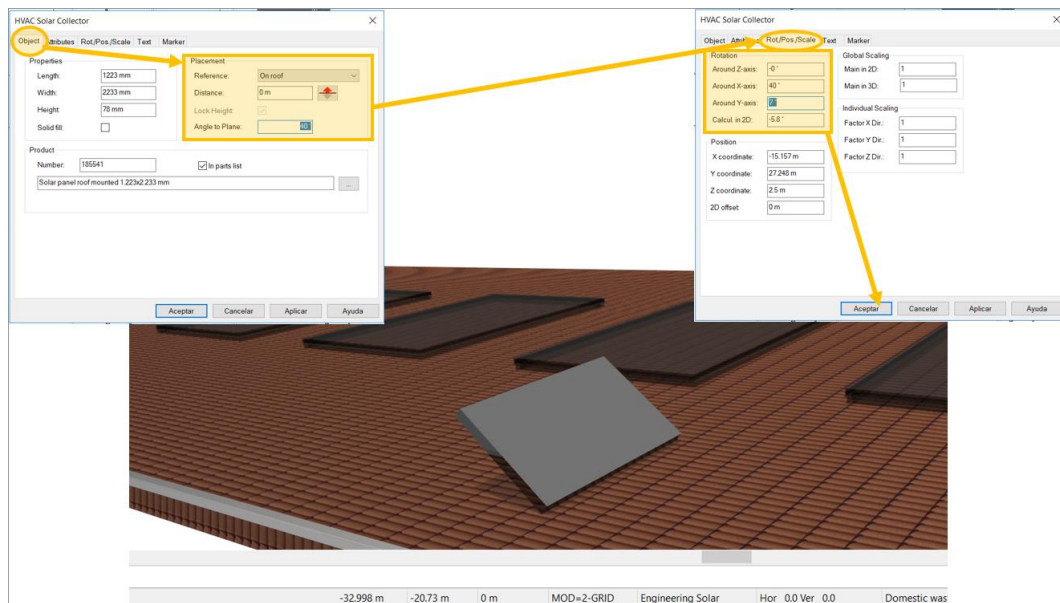


Figura 47. Colocación de colectores solares planos.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.2.2.2. Colector solar de tubos de vacío

Como se mencionó anteriormente, este tipo de colector se presta a su colocación vertical por maximizar su eficiencia al trabajar con cambios de fase del fluido: el absorbedor transmite el calor al tubo de calor. De este modo, el líquido se evapora. El vapor asciende al condensador. A través del intercambiador de calor con colector de cobre, en el que se encuentra el condensador, el calor se transmite al medio portador de calor. Esto provoca la condensación del vapor. Los condensados vuelven a bajar al tubo de calor y el proceso se repite.

Su colocación será similar a otros objetos, con la particularidad de darle 90° de inclinación respecto a la horizontal para que se sitúe de forma vertical. En el ejemplo nos valemos de la referencia del suelo para colocarlo a la altura deseada en la fachada sur:

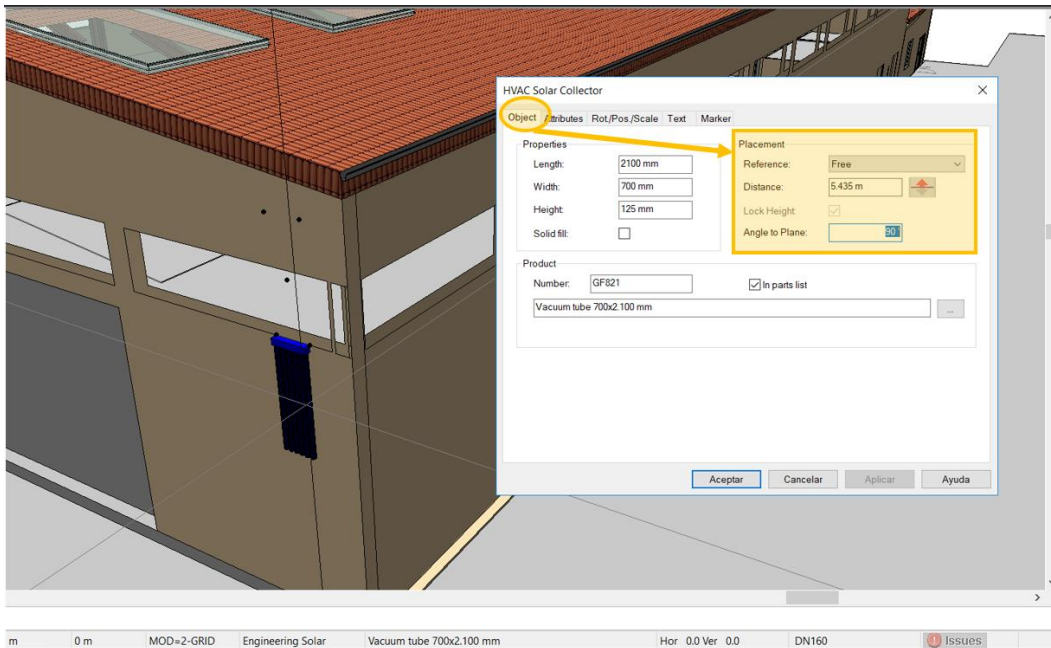


Figura 48. Colocación de colectores solares de tubos de vacío.

(Fuente: Elaboración propia.)

Cualquier tipo de colector solar presenta sus tomas de salida y retorno de fluido térmico, cuyas conexiones se verán en el [siguiente capítulo](#).

#### 4.5.3. Tuberías y conexiones. Dimensionamiento de una red hidráulica.

Se pasa ahora a describir cómo diseñar una red hidráulica. DDS-CAD permite proyectar redes de agua de consumo, saneamiento, ventilación, gas combustible, refrigerante, humos de combustión, red contraincendios... En este tutorial nos limitaremos tratar las redes de calefacción o de agua caliente sanitaria, cómo delinearlas y cómo conectar los diferentes elementos que la conforman. Las redes del resto de fluidos se proyectarían de manera similar variando en el tipo de elementos que ellas se conectan.

##### 4.5.3.1. Arranque de tubería.

El recorrido de una tubería consiste en tres partes principales: el arranque, el tramo de tubería propiamente dicho con sus componentes asociados (codos, tes, reducciones, válvulas, filtros...) y el final. La información proporcionada en el arranque es la que define las propiedades del resto de la tubería (fluido, dimensiones, materiales...). Estas propiedades se mantendrán hasta una posible reducción u otro componente que influya sobre dichas propiedades de la tubería.

Hay múltiples formas de comenzar el trazado de una tubería. Normalmente el arranque de ésta está conectado a un objeto DDS como son otras tuberías, otras plantas del edificio, un equipamiento... Aunque también es posible arrancar en un punto libre en el dibujo.

Para comenzar el trazado lo primero es encontrarse en el modo de trabajo *Sanitary/Heating* con la barra de herramientas *Pipe Network* operativa como se mostraba en la [figura 12](#). Veamos las diferentes maneras de arrancar el trazado de una tubería:

#### ❖ **Smart Start o autodetección de puntos de conexión.**

Este concepto supone la búsqueda activa en el dibujo de conexiones a objetos cuando se mueve el cursor con el comando *Pipe* [1] activo. Si DDS-CAD detecta un objeto susceptible de conexión, será indicado en el dibujo y será posible arrancar la tubería pinchando en él. Para ello será preciso activar la opción *Use Smart Snaps* [2] en la barra de herramientas de ayuda al dibujo en la parte inferior izquierda del espacio de trabajo:

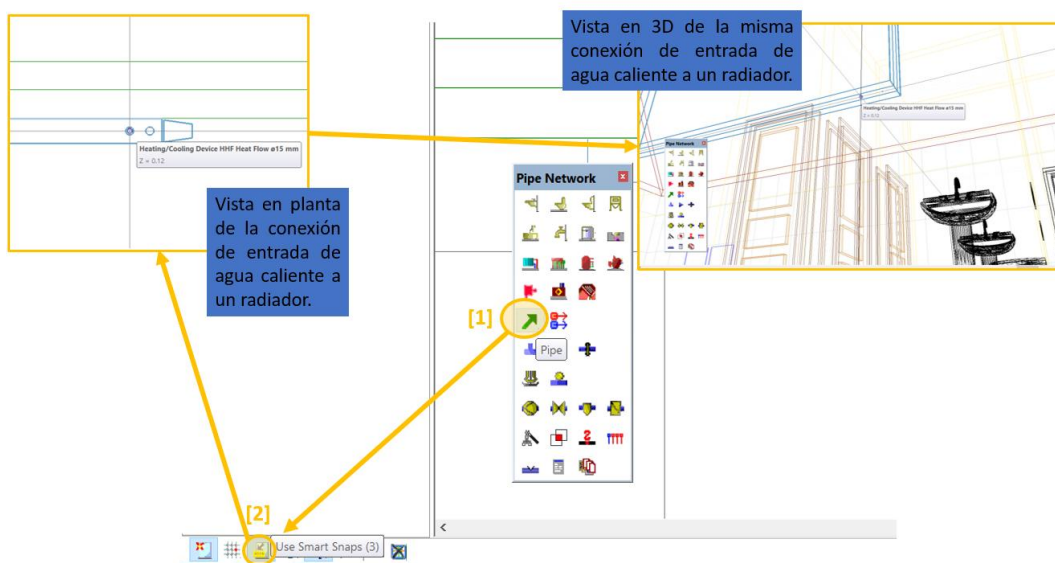


Figura 49. Autodetección de posibles puntos de conexión.

(Fuente: Elaboración propia.)

Si se mantiene pulsada la tecla *Alt* mientras movemos el cursor con el comando *Pipe* [1] y la opción *Use Smart Snaps* [2] activos, ésta última deja de tener efecto mientras no dejemos de pulsarla. Estaremos así en el modo libre (no es la única manera) de arranque de tubería que se explicará seguidamente.

#### ❖ **Arranque de tubería libre.**

Si se decide comenzar una tubería sin conectar a un elemento de DDS-CAD con conexión conocida, en cuanto se pinche en el punto del

espacio elegido para el arranque, se desplegará un cuadro de diálogo con diversas propiedades de la tubería a trazar. En él se debe elegir el fluido que conducirá, sus dimensiones, material, altura de arranque y pendiente.

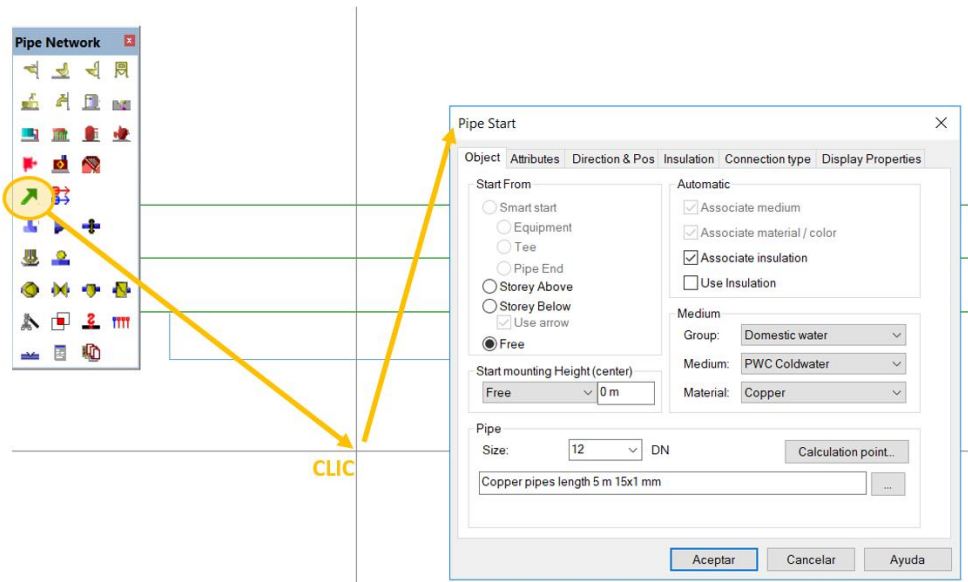


Figura 50. Arranque libre de tubería y sus propiedades.

(Fuente: Elaboración propia.)

Si el programa no encuentra ningún objeto al que conectarse, seremos nosotros quienes fijemos las propiedades de la tubería. Las principales son:

- **Start mounting Height (center):** altura en metros sobre la superficie superior del suelo de esa planta al centro del tubo. Si queremos que la tubería discurra bajo el suelo, consignaremos un valor negativo.
- **Medium:** elegiremos una combinación de *Group*, que indica el grupo de aplicación (calefacción, ACS, aguas residuales, contraincendios...), *Medium*, que abarca los posibles fluidos disponibles para ese *Group*, y *Material*, donde se listan los materiales disponibles de que puede estar compuesta la tubería.
- **Size:** diámetro en milímetros de la sección de la tubería. Se elige después de haber seleccionado el *Medium*.

En la pestaña *Direction & Pos* se puede fijar la dirección de arranque [1], definir su pendiente [2] o su posición en el espacio [3].

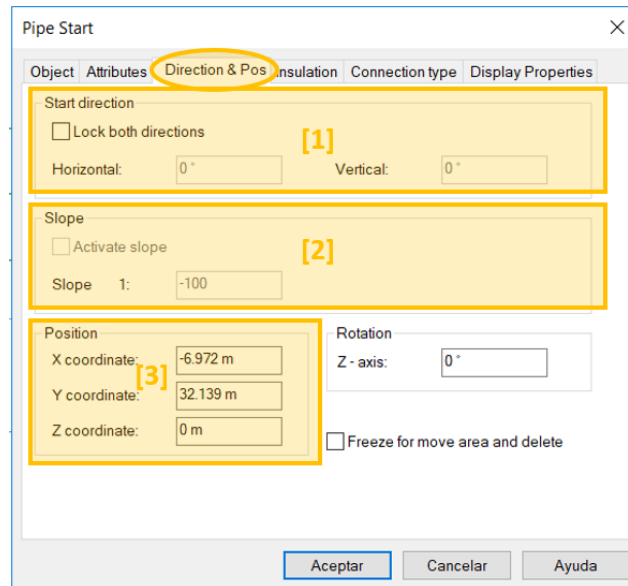


Figura 51. Ajustes de dirección, posición y pendiente.

(Fuente: Elaboración propia.)

- **Start direction:** Se pincha en *Lock both directions* para activar esta función. La dirección ha de ser introducida en grados, de 0° a 360°. En la dirección horizontal, 0° equivale al semieje X positivo, 90° apunta hacia el eje Y positivo, 180° hacia las X negativas y 270° será la dirección negativa del eje Y. En vertical, 90° representa la dirección vertical hacia arriba en la habitación, usualmente Z positivo, mientras que -90° apuntará en el sentido opuesto.
- **Fall:** Presenta la limitación de que sólo puede activarse si se han seleccionado tuberías para aguas residuales en la pestaña *Object*. Se introducirá la pendiente en el formato 1:X donde X será la distancia horizontal en metros por cada metro de caída o subida vertical, dependiendo del signo consiguiendo.
- **Position:** Coordenadas absolutas de arranque de la tubería en metros.

Si se fija la dirección verticalmente, cuando se vaya a iniciar la tubería, se mostrará un cuadro de diálogo en el que se pedirá la altura final del primer tramo desde el arranque.

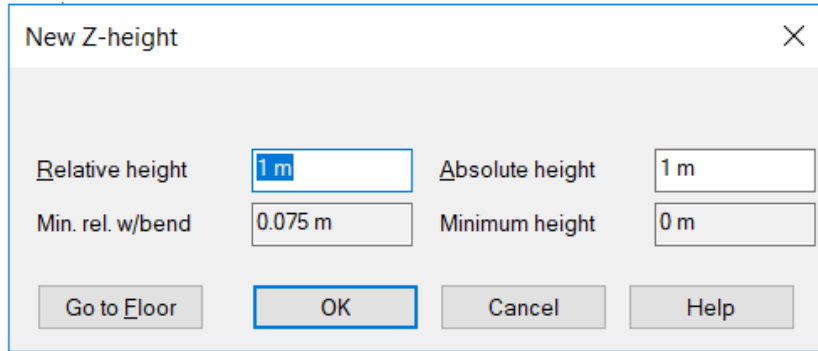


Figura 52. Elección de la altura del primer tramo de tubería en dirección vertical.

(Fuente: Elaboración propia.)

La altura absoluta (*Absolute height*) se toma siempre desde el nivel del acabado del suelo. La altura relativa (*Relative height*) es la diferencia entre la altura de arranque (*Minimum height*) y la nueva altura absoluta.

#### ❖ Inicio de tubería desde un punto de conexión.

Como se ha mencionado anteriormente, la función *SmartStart* permite que el cursor, al moverlo por el dibujo, sea atraído por los posibles puntos de conexión desde los cuales puede iniciarse el trazado de la tubería. Existen múltiples opciones:

- Desde un objeto. Si se da la situación de que el equipamiento presenta una salida vertical hacia abajo o arriba, el programa pedirá automáticamente la altura hasta la que llegará el primer tramo.
- Desde un arranque de otra tubería
- Desde un final de otra tubería
- Desde un codo. En este caso será reemplazado por una te para poder unir las tres ramas en un mismo punto.
- Desde cualquier punto de otra tubería. Se insertará automáticamente una te.
- Desde una te previamente colocada en otra tubería.



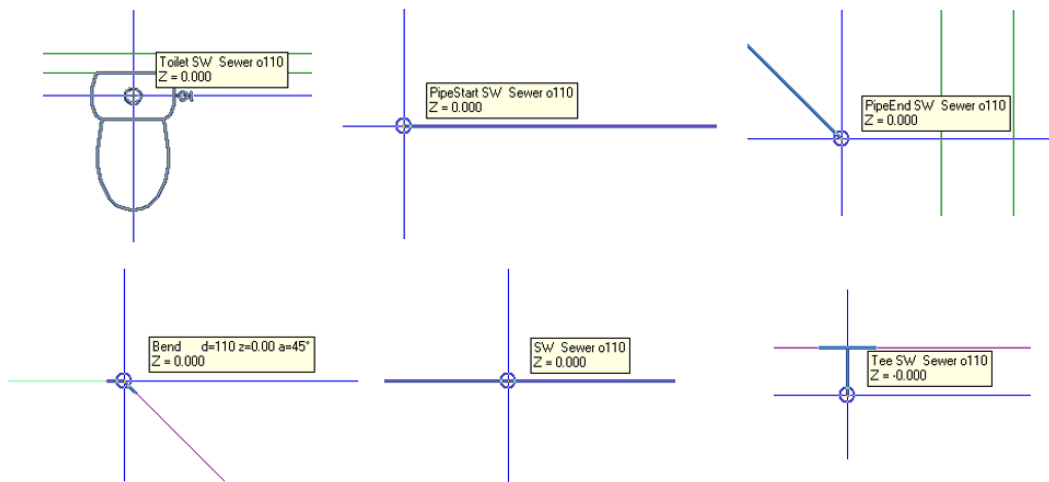


Figura 53. Diferentes posibles puntos de arranque de detección automática.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### ❖ Inicio de tubería desde un objeto o equipo.

Si se empieza una tubería desde un equipo, la dirección de arranque desde éste puede ser fijada. Esto depende del tipo de equipo desde el que se empieza. Si presenta diversos puntos de conexión posibles, se mostrará una lista con las diferentes conexiones de que dispone.

La lista muestra las coordenadas absolutas X, Y y Z, el tipo de fluido y la dimensión para cada punto de conexión. Una vez elegido, se desplegará el catálogo de productos donde seleccionar el tipo de tubería y su diámetro. Validando comenzaremos a trazar la tubería desde la conexión elegida.

También se puede fijar la dirección de salida. Si se ha fijado la dirección de salida a 90°, la tubería arrancará hacia arriba desde el equipo. [Como ya se comentó](#), al fijar la dirección vertical, se nos preguntará a qué altura queremos elevar el primer tramo antes de continuar horizontalmente el trazado.

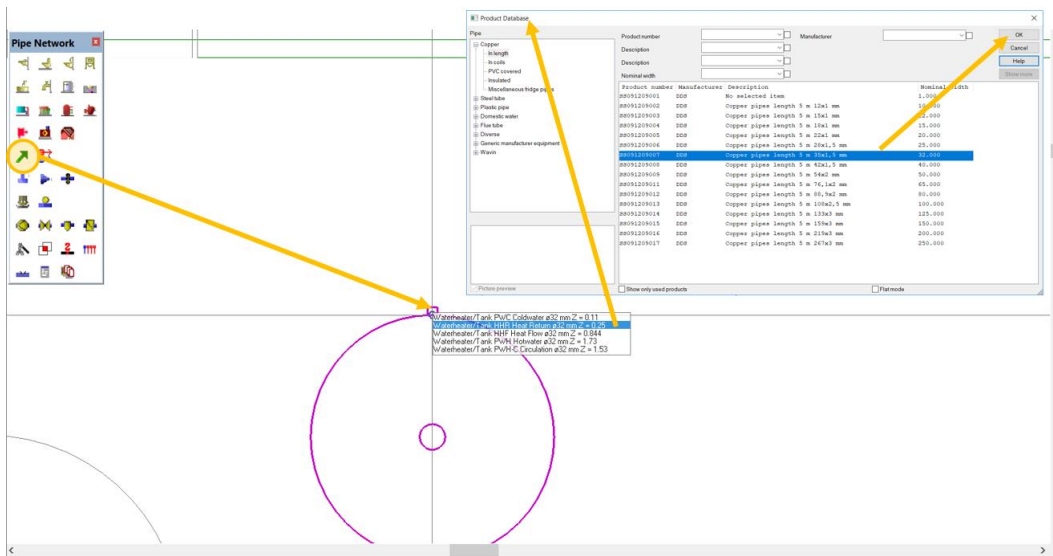


Figura 54. Inicio de tubería desde un equipo (calentador de agua).

(Fuente: Elaboración propia.)

❖ **Arranque desde la planta superior o inferior.**

Se puede comenzar una tubería desde la planta inferior o superior a la activa en ese momento. Para ello se selecciona el icono *Pipe* y se pincha en el punto del plano donde se desea arrancar. En la ventana que se mostrará seguidamente se elige si se desea arrancar en el piso inferior (*Storey below*) o superior (*Storey above*). Si marcamos la opción *Use arrow* en el dibujo se simbolizará la transición entre plantas con una flecha. Ya elegidos estos parámetros, se pide decidir la altura hasta donde llegará el primer tramo como [se expuso anteriormente](#),

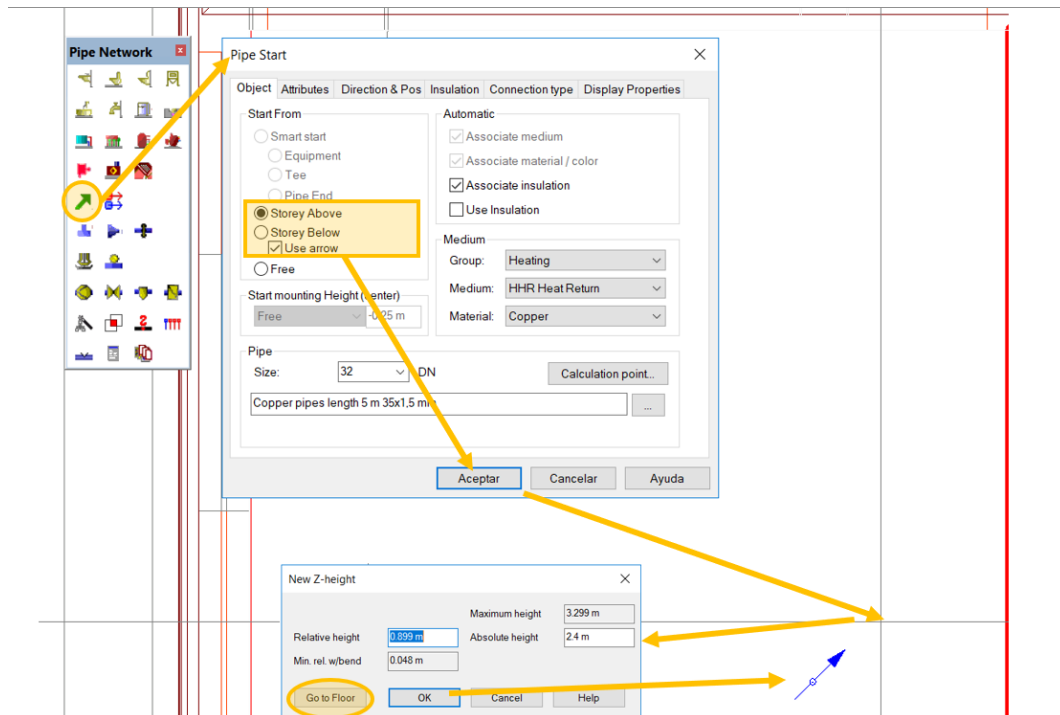


Figura 55. Inicio de tubería desde otra planta.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### ❖ Arranque desde otra tubería.

Para comenzar una tubería desde otra ya existente, DDS-CAD insertará automáticamente una te (también se puede comenzar este proceso desde el icono *Tee* lo que permite insertar una te directamente). La dirección de salida de esta te será elegida por el usuario [1]. Existen cuatro direcciones principales: hacia arriba, hacia abajo, izquierda y derecha. Las direcciones izquierda y derecha dependen de hacia dónde se haya dibujado previamente la tubería. Si no se está seguro de hacia dónde se dibujó, puede verse la orientación de la te en el dibujo mientras se cambia de opción en el cuadro de diálogo.

También se puede ajustar el ángulo de la rama de la te con respecto a la dirección de la tubería sobre la que se inserta, así como la configuración de las ramas de salida [2]; las secciones de los 3 brazos de la te [3] y el tipo de producto y material de ésta [4].

El cuadro de diálogo dispone de las pestañas típicas ya explicadas, pero también de la de *Connection* o forma de unión. En ella puede configurarse la forma en que se realizará la unión del elemento en cuestión con el resto de tubería: sus dimensiones, posición, manufactura (atornillada, soldada, bridada, embutida...), etc...

La opción *SmartStart* insertará automáticamente una te en cualquier

tubería salvo en las de suelo radiante y *pipe-in-pipe*.

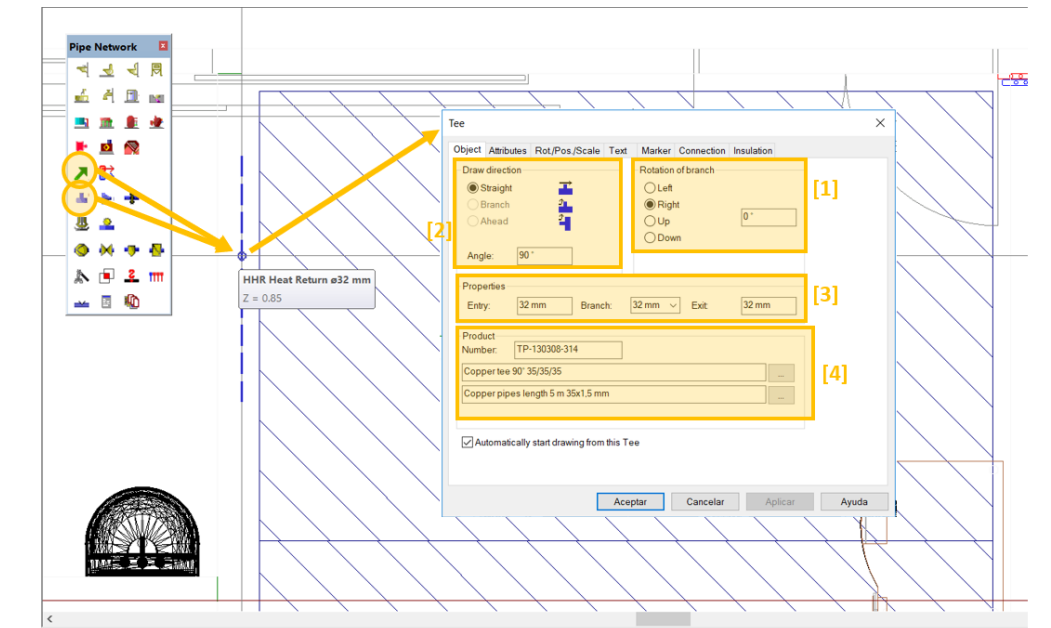


Figura 56. Inicio de tubería desde otra tubería.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.3.2. Final de tubería.

Del mismo modo que para el comienzo de una tubería, hay múltiples formas de terminar su trazado. Tan importante es comenzar correctamente la tubería como terminarla. Se pueden finalizar de las siguientes maneras:

- Final libre. Utilizado habitualmente para dejar la continuidad de la tubería abierta para más adelante.
- Final en un equipo, objeto u otra tubería.
- Final en el piso superior o inferior.
- Final con un símbolo o cabezal aspersor.

##### ❖ Final libre.

Si durante el trazado se pulsa la tecla Esc del teclado o el botón derecho del ratón seleccionando después *Cancel and terminar command*, la tubería terminará dejando su final libre o abierto. De este modo, posteriormente se podrá conectar cualquier equipo o elemento a él o continuar desde ahí la tubería.

##### ❖ Final conectando a un equipo u otra tubería.

Si la función *SmartSnap* está activa, y se dibuja una tubería cerca de un punto de conexión del mismo tipo, el programa sugerirá crear una conexión con él. Este punto puede ser un equipo, objeto u otra tubería,

codigo o te del mismo tipo (*médium*) que la tubería que va a finalizar. Por ejemplo, no será posible conectar una tubería de agua fría a un desagüe, o una de agua caliente a una de agua fría.

Si se quiere conectar con un punto sugerido por DDS-CAD, sólo hay que pinchar en el punto sugerido. Si en ese punto del plano existen varias conexiones a diferente altura, el programa desplegará la lista de ellos para elegir a cuál conectar la tubería. Al hacer clic, se desplegará una ventana como la de la figura siguiente:

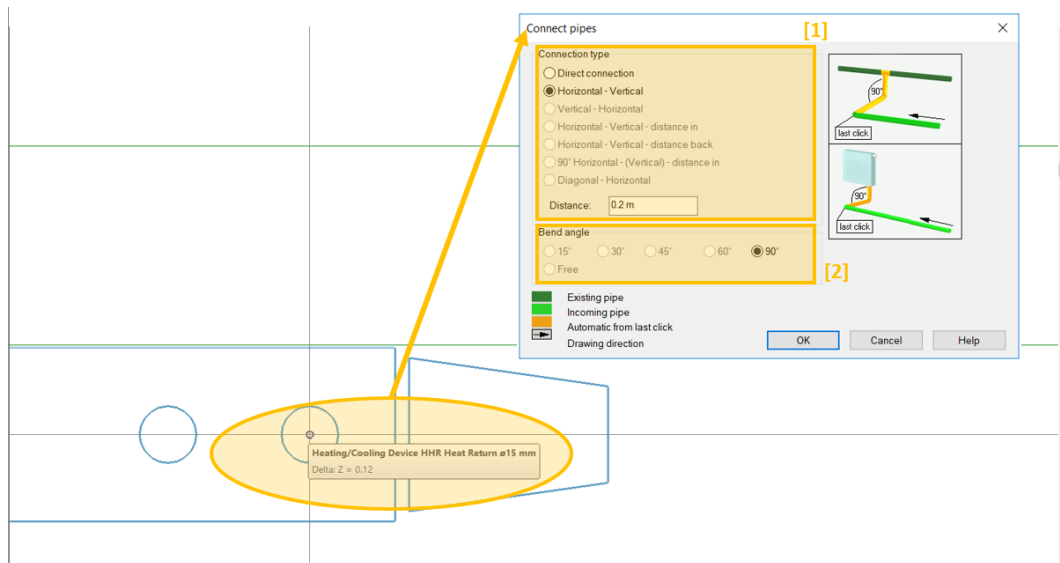


Figura 57. Final de tubería en un equipamiento u otra tubería.

(Fuente: Elaboración propia.)

En ella habrá que seleccionar el tipo de conexión (*Connection type*) [1] y el ángulo del codo que la permita [2].

- **Direct connection:** Para salvar la diferencia de alturas, el programa calculará la pendiente necesaria para establecer una conexión directa. Usada principalmente para desagües y tuberías bajo el suelo.
- **Horizontal- Vertical:** La tubería es alargada horizontalmente hasta su situación en la vertical del punto de conexión para ser luego conectada con un tramo vertical directo.
- **Vertical-Horizontal:** La tubería se extenderá verticalmente desde el último clic del ratón hasta la altura del punto de conexión para conectarse luego horizontalmente a éste.
- **Horizontal-Vertical-distance in:** Se extenderá la tubería horizontalmente hasta una cierta distancia (a consignar en el campo *Distance*;) del punto de conexión para ser después alargada verticalmente hasta la altura de éste y luego horizontalmente hasta unirse a él.

- **Horizontal-Vertical-distance back:** La tubería se prolongará en la horizontal hasta pasar una distancia definida por el usuario del punto de conexión. Luego proseguirá verticalmente hasta alcanzar la altura de éste para finalmente conectarse a él horizontalmente.
- **90 degrees-Horizontal- (vertical) distance in:** Codo de 90° a la distancia definida del punto de conexión, tramo vertical hasta alcanzar la altura de la tubería a conectar, seguido de un tramo horizontal que enlaza con ella.
- **Diagonal – Horizontal:** Cambio de altura con una pendiente de 45° y tramo horizontal hasta la conexión.

En el caso particular de los desagües, al finalizar un trazado en otro, se insertará automáticamente una Y de 45°. Si el desagüe se ha dibujado con una pendiente, DDS-CAD procesará en qué dirección apuntará la rama de la Y a la que nos conectemos. De igual modo, si la conexión no es perpendicular con la otra tubería, el programa asumirá que se desea conectar en el mismo ángulo con el que se llega. Si se inserta una tubería de desagüe sin pendiente y se llega con 90° a conectarse, DDS-CAD preguntará hacia qué lado de la tubería donde se finaliza se quiere dirigir la Y.

❖ **Final en la planta superior o inferior.**

Se puede terminar una tubería en otra planta de las siguientes formas:

- Mientras se está trazando la tubería en el dibujo, se hace clic derecho con el ratón y se pincha en *End in the Storey above* o *End in the Storey below*.

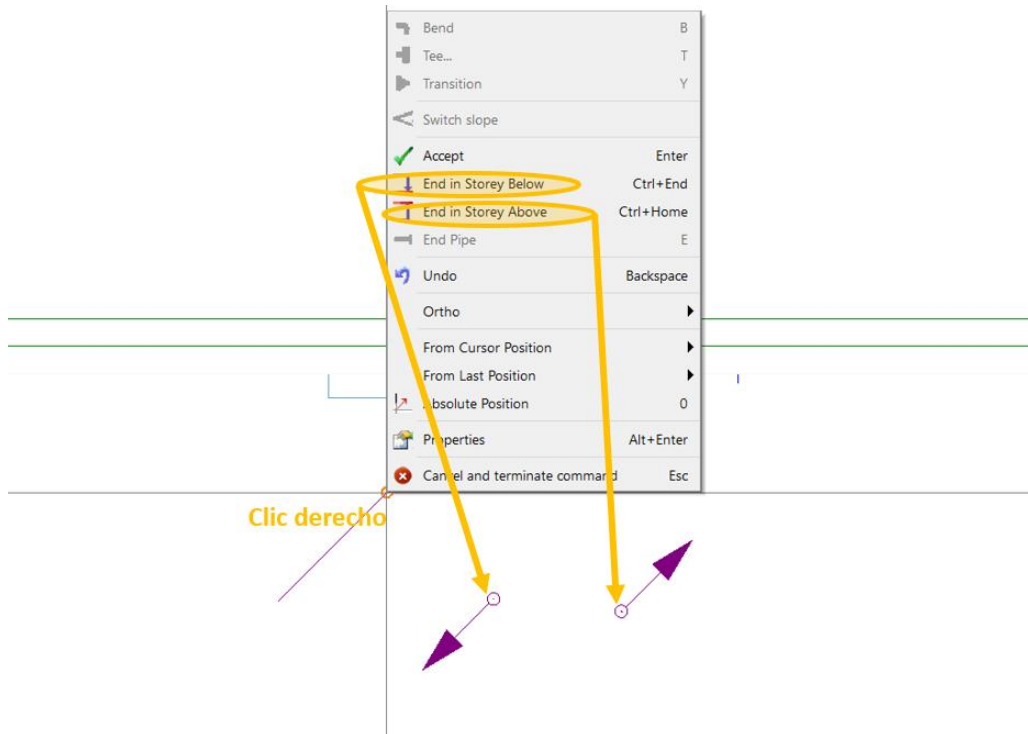


Figura 58. Final de tubería en un piso superior o inferior.

(Fuente: Elaboración propia.)

- [Comenzando desde el piso inferior o superior](#), cuando se solicite la altura del primer tramo, seleccionar la opción *Go to floor* llevándolo así a la planta superior o inferior, la opuesta al arranque. Típica opción para el trazado de bajantes o líneas verticales de distribución a lo largo de todas las plantas de un edificio.
- Habiendo arrancado desde el [punto de conexión de un equipo](#), bien hacia arriba o hacia abajo, se selecciona la opción *Go to floor* para llevarlo a la planta opuesta.
- Partiendo de un segmento de tubería con una te, se elige trazar hacia arriba o abajo y, del modo similar a los casos anteriores, se pincha en *Go to floor* para finalizar en el piso deseado.

#### 4.5.3.3. Trazado de tuberías.

Cuando se ha comenzado el trazado de una tubería, se mostrará una línea que sigue al cursor. Esto permanecerá activo hasta que se presione la tecla Esc del teclado o se seleccione otro método de finalización para dicha tubería.

Presionando el botón izquierdo del ratón, se insertará un punto de cambio de dirección. El programa colocará automáticamente en este

punto el codo correspondiente. Esto sólo permite hacer cambios de dirección en el plano horizontal. Para otras funciones como la inserción de tes, codos, reducciones, finales..., se presionará el botón derecho:

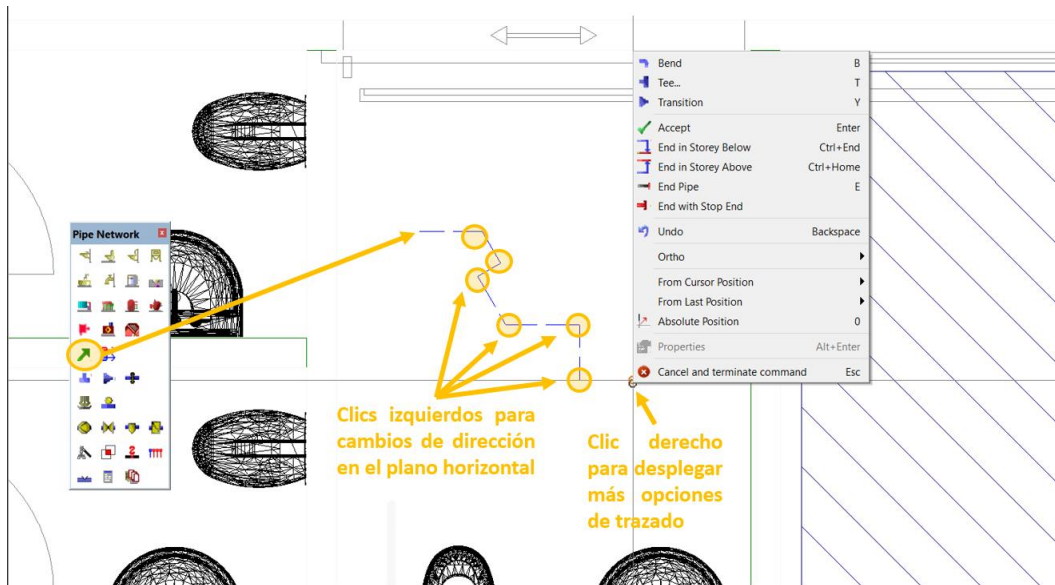


Figura 59. Cambios de dirección en el trazado y opciones.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### ❖ Codos.

Los cambios de dirección se realizan con codos. Como se dijo anteriormente, se pueden colocar codos en el plano horizontal haciendo clic izquierdo mientras se va trazando la tubería. Si se quiere ir hacia arriba o abajo, también es necesario un codo. Puede insertarse un codo pulsando la tecla B del teclado o desde el menú contextual que emerge al hacer clic derecho mientras se traza la tubería. El cuadro de diálogo que aparece al insertarla permite justar parámetros del codo como son el ángulo respecto a la dirección original, radio de giro y ángulo de rotación respecto al eje central del codo.



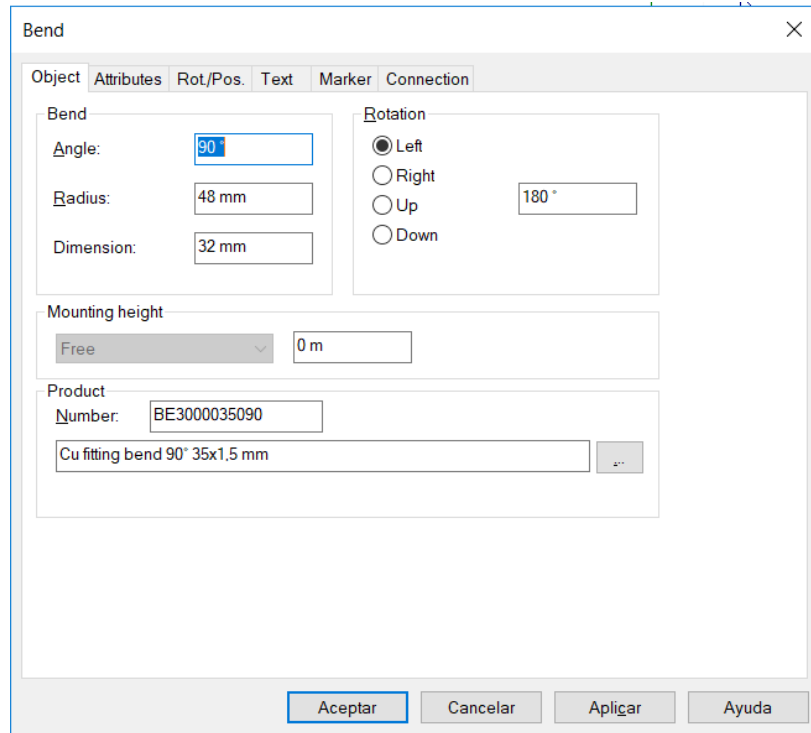


Figura 60. Cuadro de diálogo para la inserción de un codo.

(Fuente: Elaboración propia.)

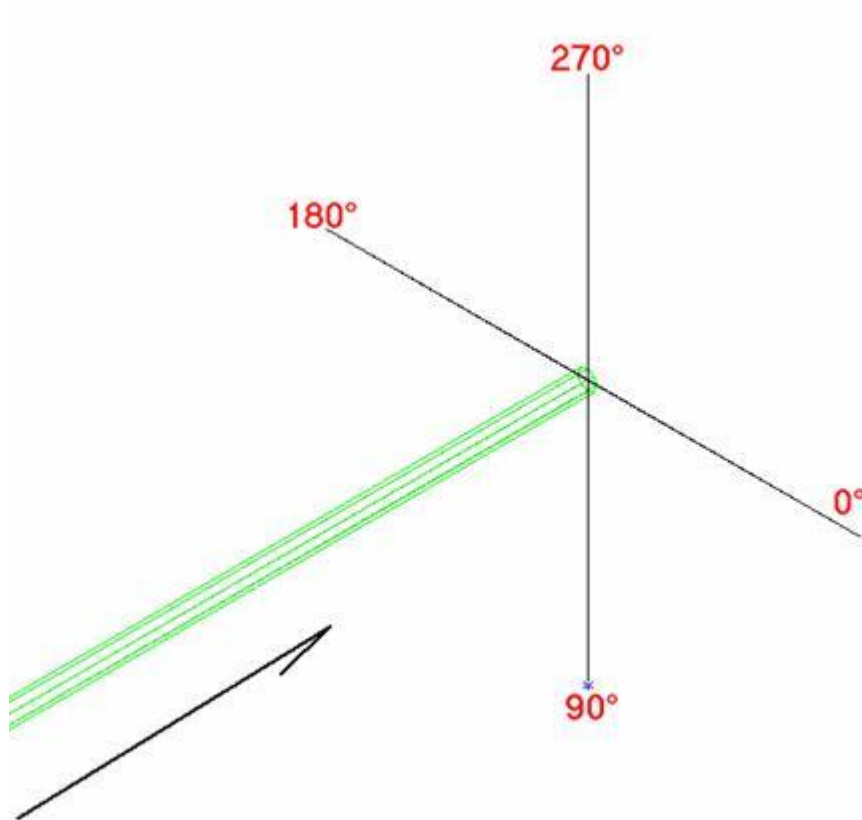


Figura 61. Orientación del ángulo de rotación según el sentido del trazado.

(Fuente: Elaboración propia.)

Si se quiere continuar el trazado en dirección vertical hacia arriba o abajo, el programa demandará la cota a alcanzar del mismo modo que [se explicó anteriormente](#).

### ❖ Modo ortogonal.

El concepto *Ortho* permite ejecutar ángulos libres en los cambios de dirección. Si este modo está activado, los posibles ángulos de cambio de dirección estarán entre unos valores discretos cuyo incremento dependerá del tipo de *Medium* con el que se esté trabajando. Por ejemplo, el trazado con tubos flexibles se hará por defecto con el modo *Ortho* desactivado hasta que el usuario lo active. Entonces los posibles ángulos se reducirán a 30, 45, 60 y 90 grados. Esta función puede ser activada y desactivada en cualquier momento desde el menú contextual emergible durante el trazado con el botón derecho del ratón o presionando la tecla F9 del teclado.

Hay que tener en cuenta que para algunos tipos de tubería y uso habrá que presionar dos veces F9 para conseguir un intervalo continuo de ángulos posibles, ya que si sólo se presiona una vez el incremento entre ángulos únicamente se verá reducido a la mitad.

El menú contextual también permite incrementar o disminuir el ángulo de escalón en escalón pulsando respectivamente en *Increase Ortho Angle* o *Decrease Ortho Angle*, así como también introducir un ángulo concreto a voluntad pinchando en *Specify Ortho Angle*.

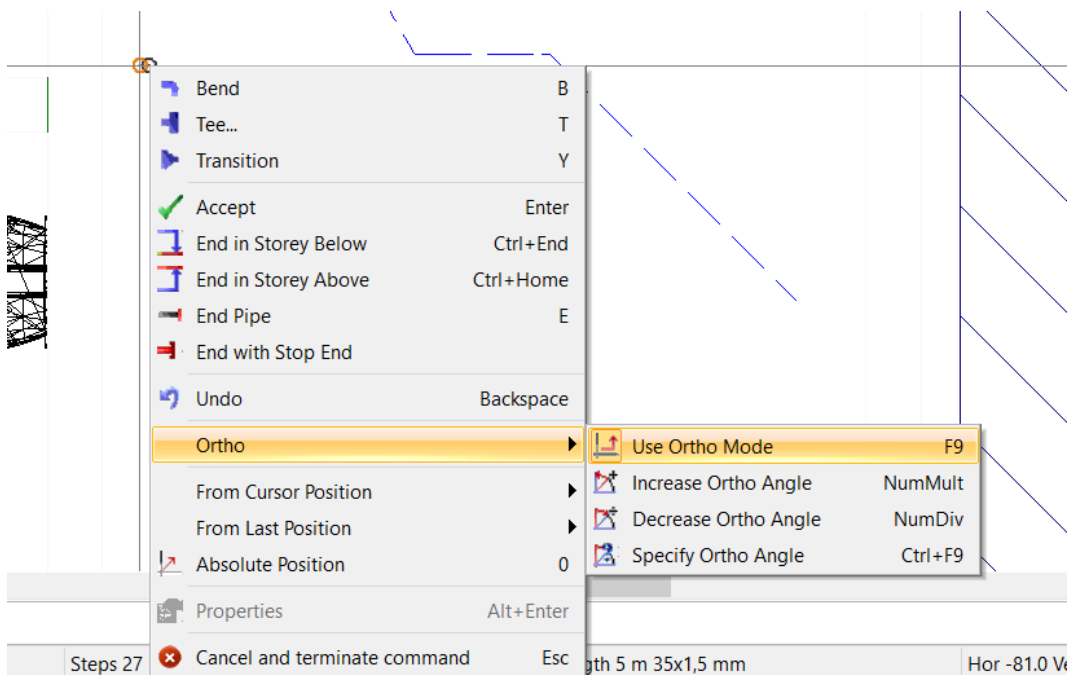


Figura 62. Menú contextual para el modo *Ortho*.

(Fuente: Elaboración propia.)

### ❖ Deshacer.

Si se ha insertado un punto o tramo en el trazado equivocadamente, se puede deshacer esta acción desde el menú contextual pulsando en *Undo* o presionando la barra espaciadora del teclado.

Esta opción estará disponible cuando se está trazando una tubería. Después de terminarla no podrá utilizarse.

### ❖ Inserción de componentes en tuberías existentes.

Tras dibujar una tubería, es posible insertar componentes en ella: filtros, bombas, válvulas, aspersores, bridas, medidores de caudal, temperatura, presión... De hecho, es recomendable hacerlo después del trazado para elementos como tes, reducciones, filtros o válvulas. Estos componentes pueden encontrarse en la barra de herramientas de tuberías.

Primero se selecciona el componente en el menú y se presiona el botón izquierdo del ratón sobre el punto de la tubería donde se quiere insertar. Si se quiere colocar en un tramo vertical, DDS-CAD preguntará por la altura a la que situarlo. Si existe un tramo horizontal seguido de uno vertical para después continuar horizontalmente, el programa requerirá que se elija en qué tramo se desea añadir el elemento.

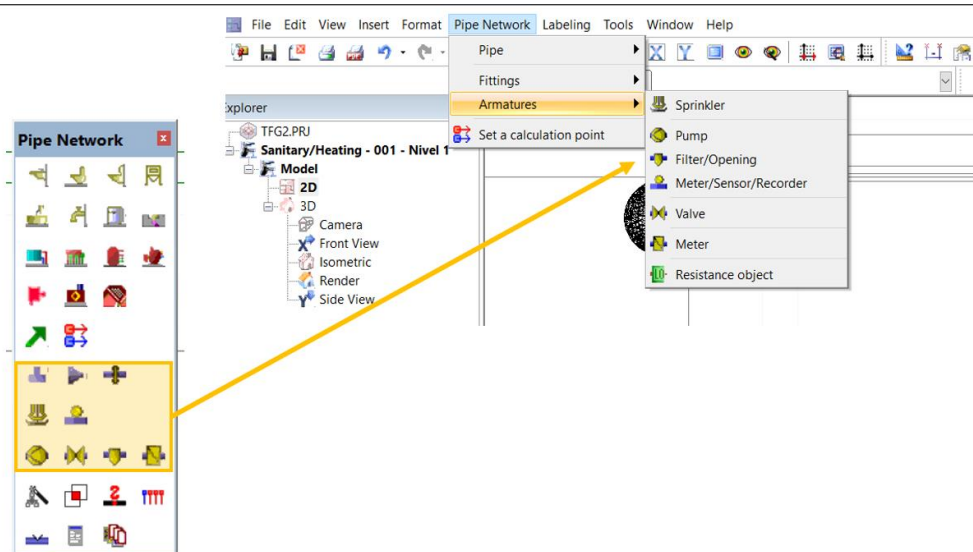


Figura 63. Elementos insertables en una tubería ya trazada.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.3.4. Edición de tuberías.

La edición de tuberías normalmente es el trabajo que más tiempo requiere en la elaboración de un proyecto de instalaciones térmicas. Es recomendable borrar una tubería y rehacerla en lugar de editarla. Se

puede borrar completamente una tubería o bien eliminar algunas partes de ésta.

❖ **Borrar completamente una tubería.**

Como se apuntaba, se puede borrar una tubería por completo o únicamente una parte. Si se selecciona un tramo de ésta y se presiona Supr en el teclado o se pulsa sobre la opción *Delete* del menú contextual desplegado al hacer clic derecho, solamente se borrará el tramo seleccionado permaneciendo intacto el resto de la tubería.

También se puede pinchar en cualquier tramo de tubería y, mediante el menú contextual mencionado, elegir *Extend selection to the main Branch* para extender la selección a la tubería principal en que se encuentra ese tramo (no selecciona subramas derivadas de tes) o en *Extend selection to all sub branches* para seleccionar toda la tubería aguas abajo del tramo elegido (incluidas subramas derivadas de tes):

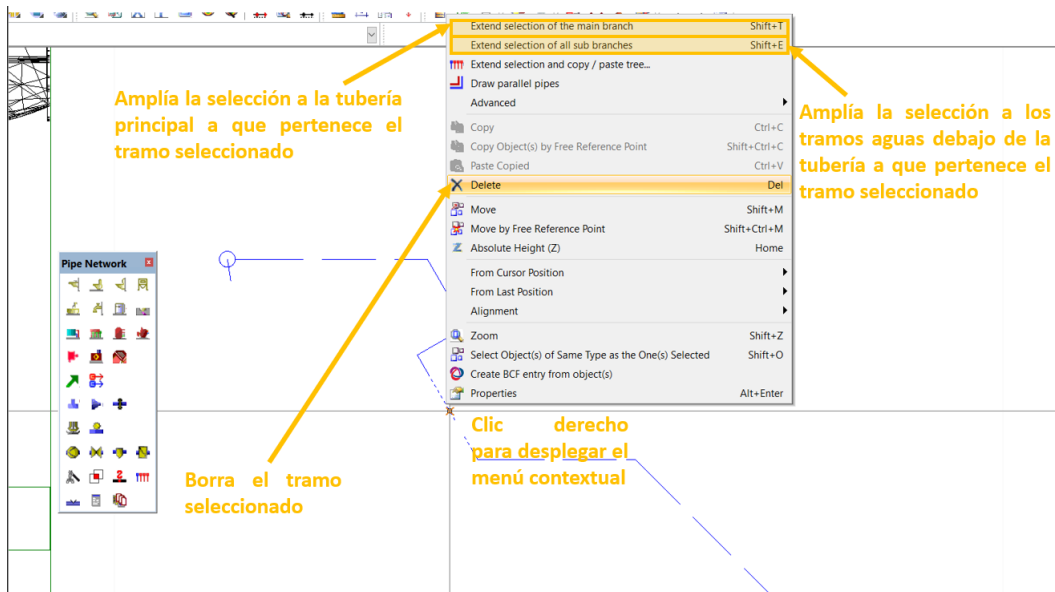


Figura 64. Borrado de tuberías.

(Fuente: Elaboración propia.)

El tramo de tubería seleccionado desaparecerá y sus extremos pueden ser reconectados como se desee.

Cuando se borra un tramo de tubería, la continuidad de ésta se ve interrumpida, con lo que un nuevo *PipeStart* y *PipeEnd* se crearán en estos extremos libres. Esto sólo es así en el caso de borrar un tramo o codo. Otros componentes como reducciones, válvulas, tes, bridas de unión... conservarán la continuidad de la tubería tras ser eliminados.

Siempre puede seguirse usando el comando [Undo ya explicado](#) para deshacer los cambios si se borra de más.

### ❖ Movimiento de componentes de una tubería.

Los objetos que se encuentran insertados a lo largo una tubería como codos, tes, reducciones, válvulas, bombas... pueden ser desplazados a nuevas ubicaciones.

Un componente sólo puede ser movido a lo largo de la tubería donde se encuentre, nunca fuera de ella ni más allá de otro componente. Si se desplaza un codo, por ejemplo, el tramo de tubería correspondiente después del codo en el sentido del trazado se moverá a lo largo de la tubería con él.

Para mover un componente bastará con seleccionarlo y arrastrarlo hasta la posición deseada.

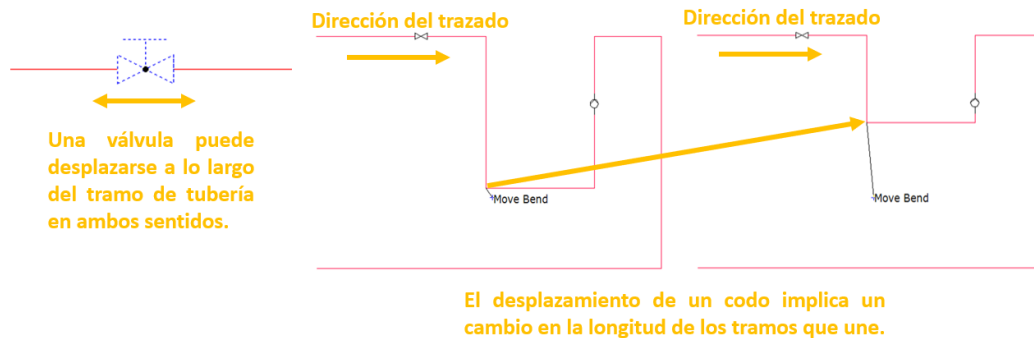


Figura 65. Desplazamiento de componentes.

(Fuente: Elaboración propia.)

A parte del movimiento dinámico de componentes, siempre se puede modificar la posición de éstos desde las propiedades del componente en cuestión. Haciendo doble clic en el componente se desplegará el cuadro de propiedades.

Por ejemplo, si se quiere elevar la altura de un tramo horizontal de tubería, se puede hacer doble clic en un codo que llegue a ese tramo y editar su altura para así conseguir que todo el tramo se eleve.

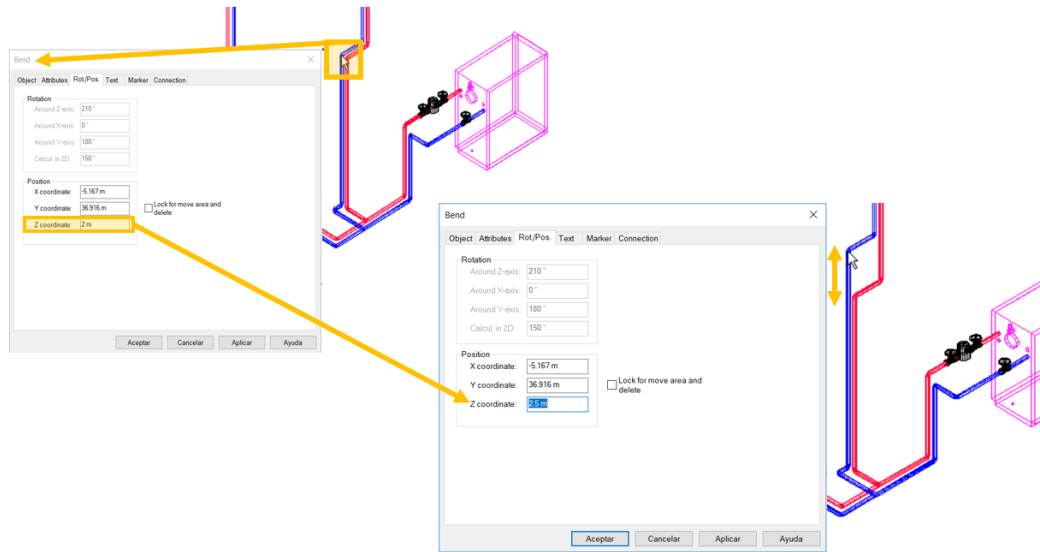


Figura 66. Elevación de tuberías.

(Fuente: Elaboración propia.)

Los elementos como válvulas, contadores, manómetros... pueden moverse del mismo modo anteriormente descrito.

#### ❖ Movimiento de conjuntos de elementos.

Por rapidez y comodidad, puede ser muy útil mover varios objetos del modelo a la vez. Para ello se puede utilizar la función “Move área”. Es importante asegurarse de que todos los objetos a mover están contenidos por el área trazada.

Para ello, se pincha el botón “Move área” y se marcan en el dibujo los dos extremos de la diagonal del área rectangular que contendrá los elementos que deseamos mover. Seguidamente pinchamos en el punto de origen del movimiento y a continuación en el del final:

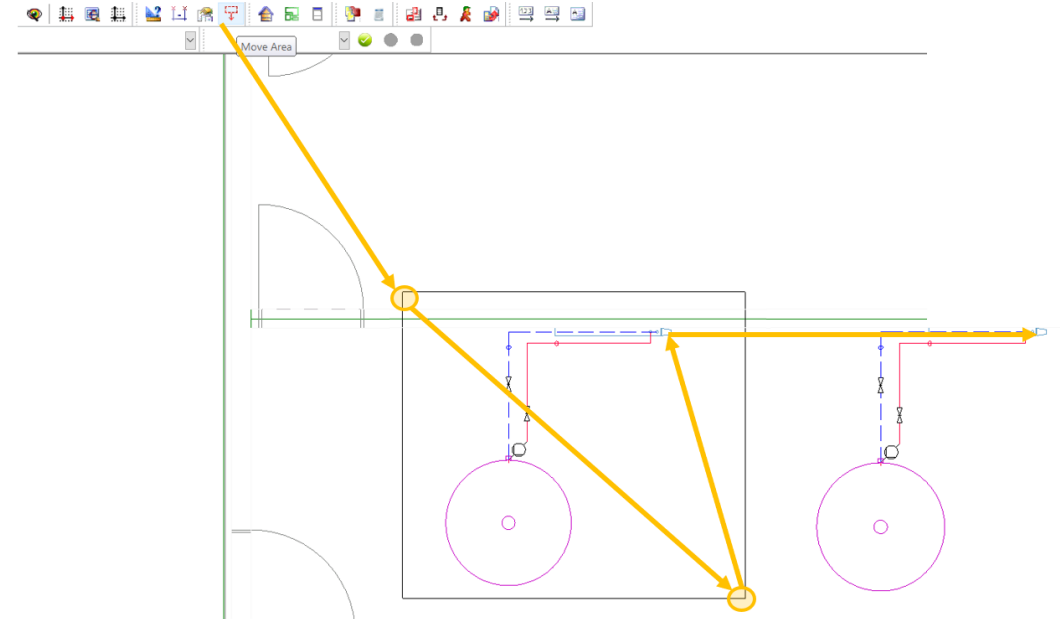


Figura 67. Desplazamiento de conjuntos de elementos.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### ❖ Actualización del modelo de fontanería.

Tras haber efectuado cambios después del trazado de tuberías, ya sea haber movido un tramo, cambiado alturas o situación de elementos, se debe actualizar el modelo de fontanería antes de que esos cambios surtan efecto. Basta con seleccionar el icono “*Check and Update Model*” y se mostrará una ventana donde marcar o desmarcar las opciones que correspondan a nuestros deseos y casos:

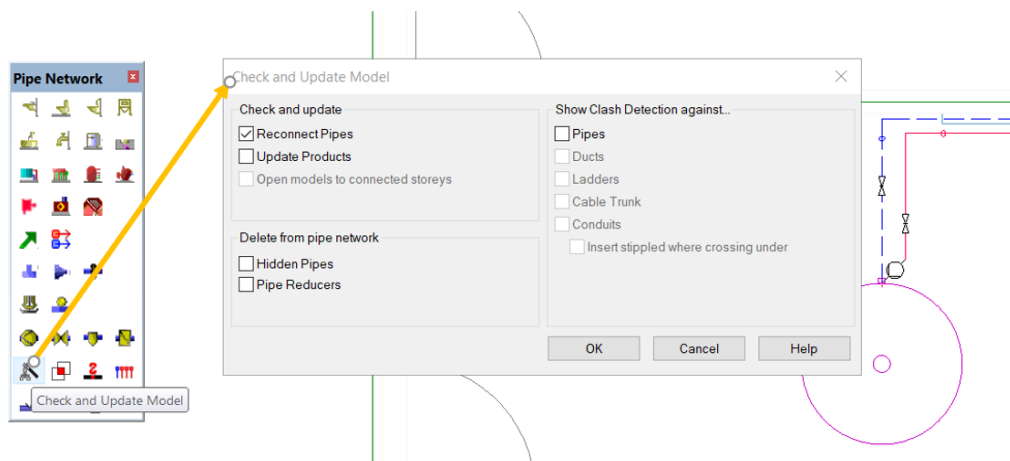


Figura 68. Actualización del modelo de fontanería.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### 4.5.3.5. Etiquetado de tuberías y elementos.

Pueden etiquetarse los elementos de tuberías, así como éstas y sus tramos. Para ello, se selecciona el objeto que se desea etiquetar y se pincha en el icono *Part Text...* que desplegará la ventana que se muestra a continuación:

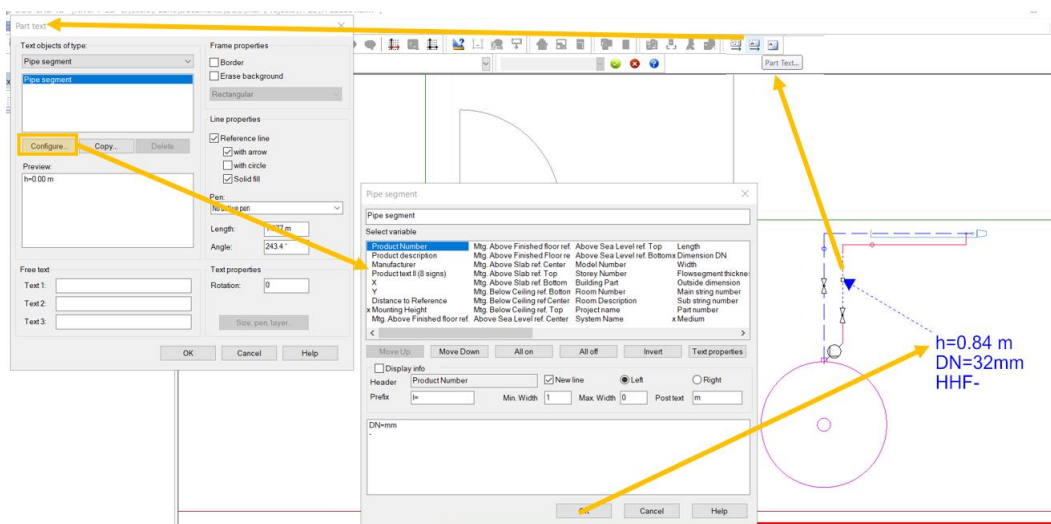


Figura 69. Etiquetado de tuberías y elementos de éstas.

(Fuente: Elaboración propia.)

En ella se puede dar formato a la etiqueta, elegir el tipo de puntero, insertar texto libre o bien, pinchando en el botón *Configure...* ver una lista de las múltiples informaciones a mostrar entre las que DDS-CAD permite elegir. Para añadir una información a la etiqueta, se hará doble clic sobre aquella. Aquí también se puede configurar el nombre de las variables como el diámetro de la tubería, altura a la que se encuentra, unidades... Una vez validadas estas selecciones, se mostrará con el cursor la etiqueta y sólo bastará pinchar en el emplazamiento en que se desea insertar.

#### 4.5.3.6. Dimensionamiento y cálculo de redes.

DDS-CAD permite el cálculo de redes de calefacción, agua fría y caliente sanitaria y saneamiento. Previamente se han de establecer los puntos de inicio de las redes y darles un nombre. Después se podrán definir las condiciones del entorno y proceder al cálculo.

##### ❖ Inserción de puntos de cálculo.

Para preparar el cálculo de la red de tuberías, se asignará un nombre y un punto de inicio a la red. Se pueden establecer uno o varios puntos



de cálculo. El tramo de tubería donde se coloque el punto de cálculo será interpretado como la línea principal, mientras que el resto de las ramas que de ella deriven serán consideradas subsecciones. Este punto de inicio será también el que defina el sentido del flujo de trabajo en la tubería.

Téngase en cuenta que las redes de calefacción son circuitos cerrados, con una ida y un retorno, por lo que se necesitarán dos puntos de cálculo en este tipo de redes. Generalmente se colocará un par de puntos de cálculo por cada subred con impulsión propia.

En el caso de las redes de agua sanitaria fría o caliente, se pueden calcular juntas o separadas. Por lo que se puede insertar un solo punto por cada red. En el caso de redes de agua caliente sanitaria con retorno, se actuará de forma análoga a una red de calefacción.

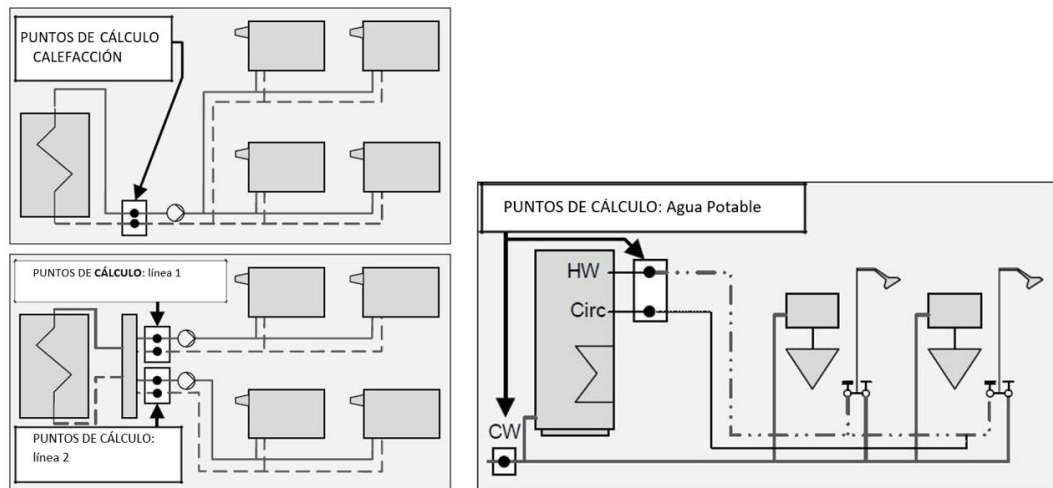


Figura 70. Puntos de cálculo en redes de tuberías.

(Fuente: Manual DDS-CAD, LANCHARRO CORDERO, L.J.)

Para insertar un punto de cálculo en una red seleccionaremos la función *Set a calculation point*. A continuación, se pulsa en el primer o último tramo de esa red o, en el caso de una subred, en la bifurcación donde arranque ésta. Se mostrará el cuadro de diálogo *Properties of Calculation Point*. En éste se asignará un nombre a la red que vamos a dimensionar y se pulsa *OK*. Aparecerá el símbolo correspondiente al punto de cálculo en el dibujo.

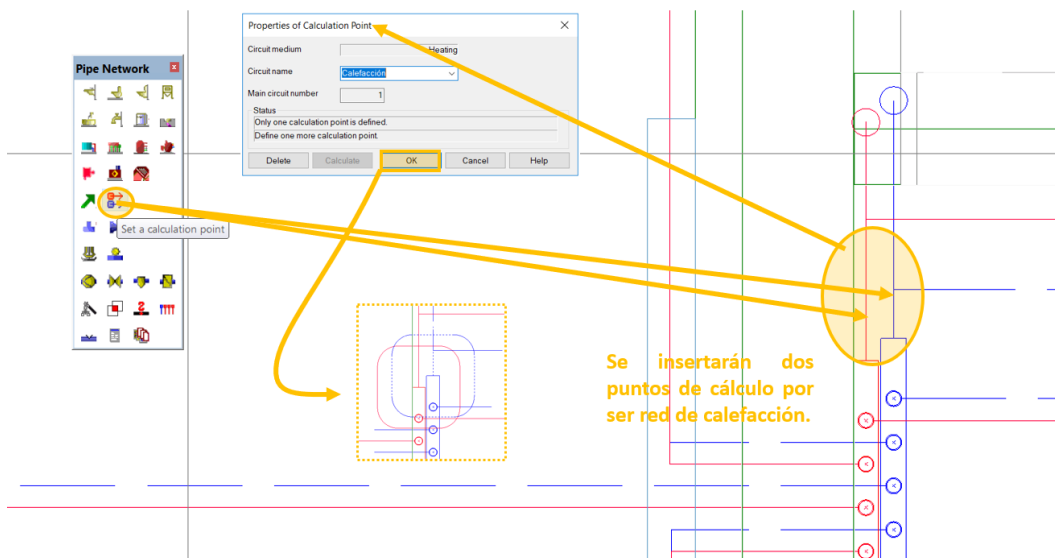


Figura 71. Creación e inserción de puntos de cálculo de redes.

(Fuente: Elaboración propia.)

#### ❖ Cálculo de tuberías de una red de calefacción.

Al calcular la red de calefacción, el programa primero halla el caudal necesario para los elementos presentes. Después, dimensiona el tamaño de las tuberías respetando que no se sobrepase en ningún punto la velocidad máxima del fluido ni una pérdida de carga. El diámetro de las tuberías se ajusta en el modelo de trabajo en cuestión. Se hace un balance hidráulico donde se incluyen las preferencias en cuanto a detentores y válvulas de entrada de los radiadores. DDS-CAD asegurará mediante el cálculo que habrá una disipación del calor uniforme en el tiempo en las estancias, que la temperatura de retorno será la óptima y que el consumo energético (tanto eléctrico en las impulsiones como térmico) se verá optimizado.

Respecto al vaso de expansión que compensará las dilataciones propias de los cambios térmicos del sistema, el programa comprobará y comparará su dimensionamiento con los parámetros calculados y propondrá un tamaño apropiado si se detecta alguna discrepancia.

Es de suma importancia, para que el cálculo sea exitoso y correcto, insertar en la red todos los elementos requeridos para que ésta trabaje adecuadamente: bombas, válvulas, dispositivos de seguridad... Sin embargo, puede obviarse el elemento generador de calor si aún no se conocen sus características.

Para comenzar el cálculo accederemos a la función *Building Information* y en esta ventana, activaremos la pestaña *Heating/Cooling System*. Aquí se elegirá la red que se desea calcular y se pulsará el botón *Calculate*. Se abrirá otro cuadro de diálogo donde configurar el cálculo

mediante diversas opciones concernientes únicamente a la red elegida:

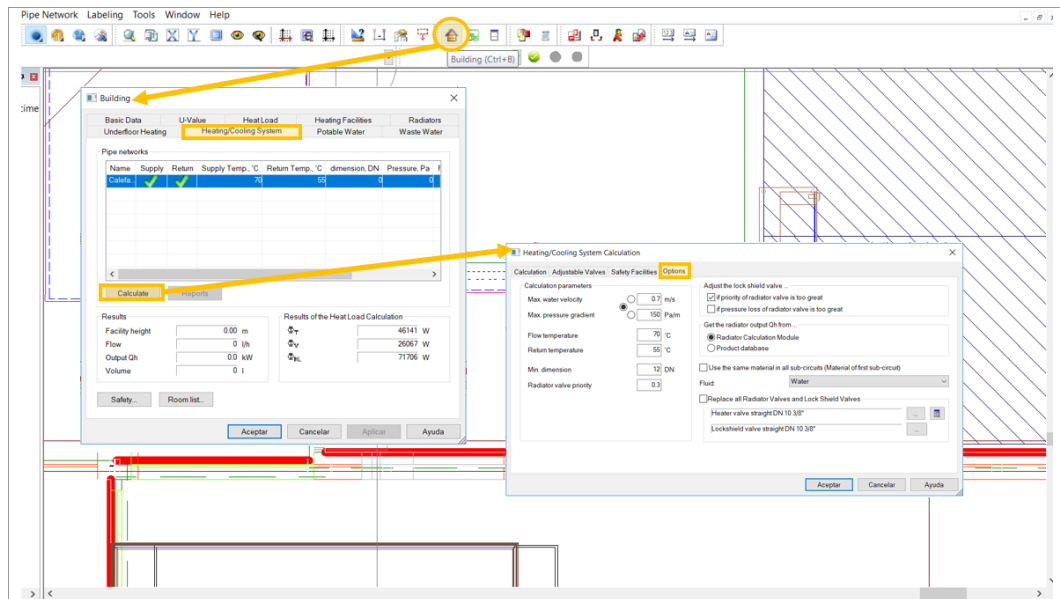


Figura 72. Inicio del cálculo de una red.

(Fuente: Elaboración propia.)

Podrán configurarse diversas opciones:

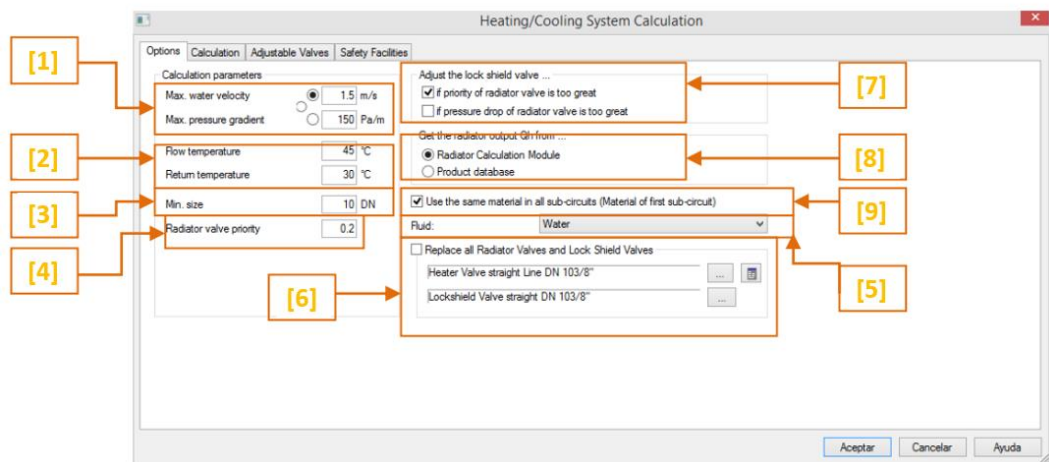


Figura 73. Opciones de configuración para el cálculo de una red.

(Fuente: Elaboración propia.)

- Temperatura de trabajo de impulsión y retorno [2] y fluido de trabajo [5].
- Condiciones de contorno representadas por los valores límite de la velocidad y caída de presión máxima [1].
- Tamaño mínimo de la tubería [3].
- *Radiator valve priority*: cociente entre la diferencia de presión a través

de la válvula del radiador (en un radiador) y la diferencia de presión entre flujo y retorno en un circuito de calefacción (varios radiadores)

- Si la pérdida de carga o prioridad de la válvula de un radiador rebasa la consigna, el programa tratará de ajustar el detentor correspondiente, *Lock shield valve* [7].
- Se puede elegir entre obtener el dimensionamiento de los radiadores del cálculo específico para éstos (ver [4.5.1.2. Radiadores](#)) o bien, directamente de las especificaciones de la base de datos de productos [8]. Es recomendable el uso de la segunda opción para instalaciones con la red de radiadores preestablecida.
- Preferencia por una red de un solo material para los tubos [9]. Se usará como material para toda la red el elegido para la primera subsección.
- Durante el cálculo, puede ser necesario reajustar válvulas y detentores, si se quiere una uniformidad en todas ellas, puede conseguirse activando esta casilla y determinando el fabricante y elemento elegidos [6].

Seguidamente iremos a la pestaña *Calculate* y pulsaremos el botón con el mismo nombre. En caso de ausencia de errores, se podrá ver la tabla de cálculo relativa a la red de tuberías del edificio:

Sub-circuit	From	Room	End object	End object	Qh, W	Flow, l/h	Velocity, m/s	Worst path	Lock pipe size	Pipe size, DN	Pipe length, m	Pipes, Pa/m	Pipes, Pa
01.0001	01.00		Tee		5773	333.9	0.820			12	4.2	775	328
01.0002	0001	01.00	Tee		3435	198.7	1.098	✓		10	3.0	2157	647
01.0003	0002	01.00	Tee		2562	148.2	0.819	✓		10	7.8	1334	1041
01.0004	0003	01.00	Tee		2240	129.6	0.716	✓		10	4.6	1054	479
01.0005	0004	01.00	Tee		1368	79.1	0.437			10	9.6	445	427
01.0006	0005	01.00	Radiator		462	26.7	0.148			10	6.2	51	31

Figura 74. Tabla de cálculo de la red.

(Fuente: Elaboración propia.)

Esta ventana mostrará el número de cada subsección, subcircuitos o tramos que forma la red del edificio, refleja el número de elementos conectados correcta e incorrectamente y expone los resultados del cálculo.

En el caso de que existan elementos incorrectamente conectados, se mostrará una lista con la información relativa. Una vez subsanados los

errores se ha de repetir el procedimiento de cálculo.




Si hacemos clic derecho sobre un subcircuito, se mostrará el menú contextual de la figura precedente. La opción *Lock* permite fijar el tamaño de la subsección, impidiendo que este parámetro sea variado por DDS-CAD durante el cálculo.

**Téngase en cuenta que bloquear una subsección de flujo de ida no produce el mismo efecto en la rama de retorno y viceversa.**

*Lock all* permite el bloqueo de todos los tamaños durante el cálculo de la red. Esto resulta útil para trabajar sobre redes preexistentes, así el programa sólo calculará el caudal y la pérdida de carga bajo esta premisa.

*Zoom* hace un aumento del dibujo sobre la subsección seleccionada centrándola en el espacio de trabajo. *Zoom all* muestra todo el dibujo en pantalla.

Las interpretaciones de cada columna de la tabla de cálculos se muestran en la siguiente tabla:

Columna	Contenido	
<i>Sub-circuit</i>	El nombre completo de la subsección, subcircuito o tramo se compone de un número de la línea principal y de un número de la subsección.	
<i>From</i>	Número de la subsección desde la que se ramifica	
<i>Room</i>	Posición de la subsección en el objeto, lugar y planta, región y estancia.	
<i>End object</i>	Tipo de objeto final en la subsección (te, radiador, ...)	
<i>Qh, W</i>	Potencia (en vatios) que se transmiten a través de la subsección.	
<i>Flow, l/h</i>	Caudal en la subsección en litros por hora	
<i>Velocity, m/s</i>	Velocidad del flujo en el tramo en m/s	
<i>Worst path</i>	Blank	
		
<i>Lock pipe size</i>		El tamaño de la sección se puede cambiar durante el cálculo.
		El tamaño de la sección no se puede cambiar durante el cálculo.
	Pulsando sobre el icono se cambia el estatus.	
<i>Pipe size, DN</i>	Tamaño nominal de la subsección o tramo.	
<i>Pipe length, m</i>	Longitud de la subsección en metros.	
<i>Pipes, Pa/m</i>	Pérdidas de presión por fricción (en Pa/m)	
<i>Pipes, Pa</i>	Pérdida de presión en la tubería (en Pa)	

<i>Fittings Zeta</i>	Coefficiente de resistencia en los accesorios (codos, tes, ...) (en Pa)
<i>Fittings, Pa</i>	Pérdida de presión debido a las resistencias individuales (en Pa)
<i>Fixtures, Pa</i>	Pérdida de presión debido a los accesorios (en Pa)
X	Posición del elemento o subsección.
Y	
Z	

Tabla 2. Datos de la tabla de cálculos de tuberías.

(Fuente: Elaboración propia.)

Si ya se tienen configurados los parámetros del cálculo, se puede lanzar el dimensionamiento de la red.

Al pulsar en el botón *Calculate* se mostrará una ventana donde ha de seleccionarse el grupo de presión que compense la pérdida de carga de la red.

Seguidamente, se pulsa el botón *Ok*. Si hubiera algún conflicto con las válvulas de seguridad se abriría un cuadro de diálogo indicando el lugar donde se hallan estas discrepancias. En este caso se modificará la válvula correspondiente y se introducirá su presión de respuesta.

Validamos los datos pulsando *Aceptar*.

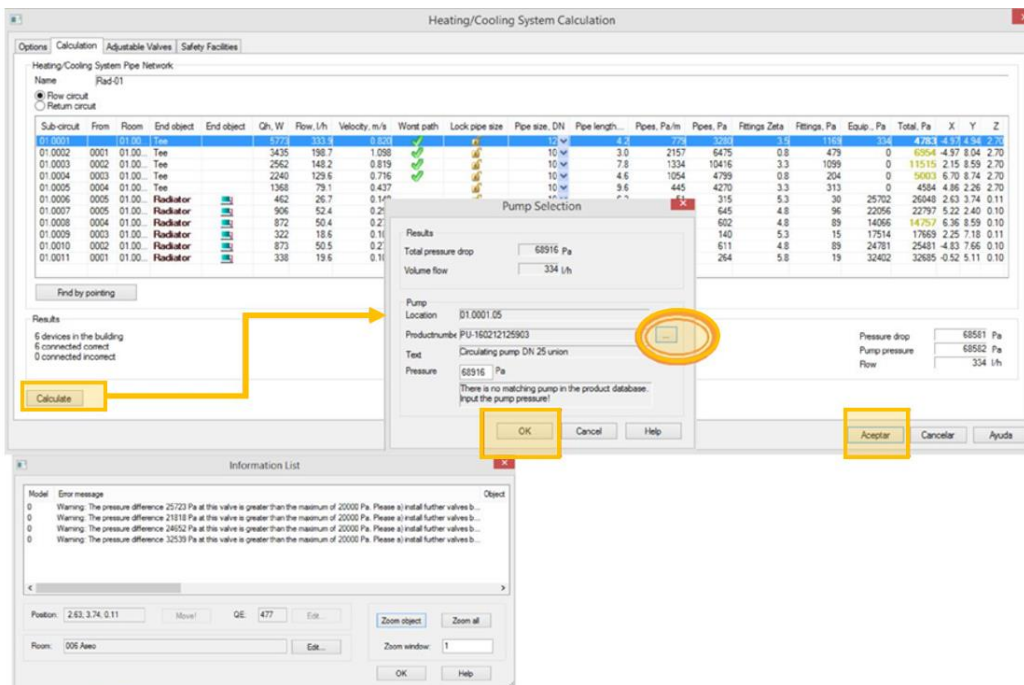


Figura 75. Ejecución del cálculo de la red.

(Fuente: Elaboración propia.)

Una vez que el cálculo se ha ejecutado, podrá verse la tabla de la red de tuberías. En ella se mostrarán los resultados del cálculo para cada

subsección o tramo, la caída de presión, caudal, presión del grupo de presión, diámetro de los tubos...

Si validamos esta ventana, regresaremos a la desde la cual elegimos la red a calcular:

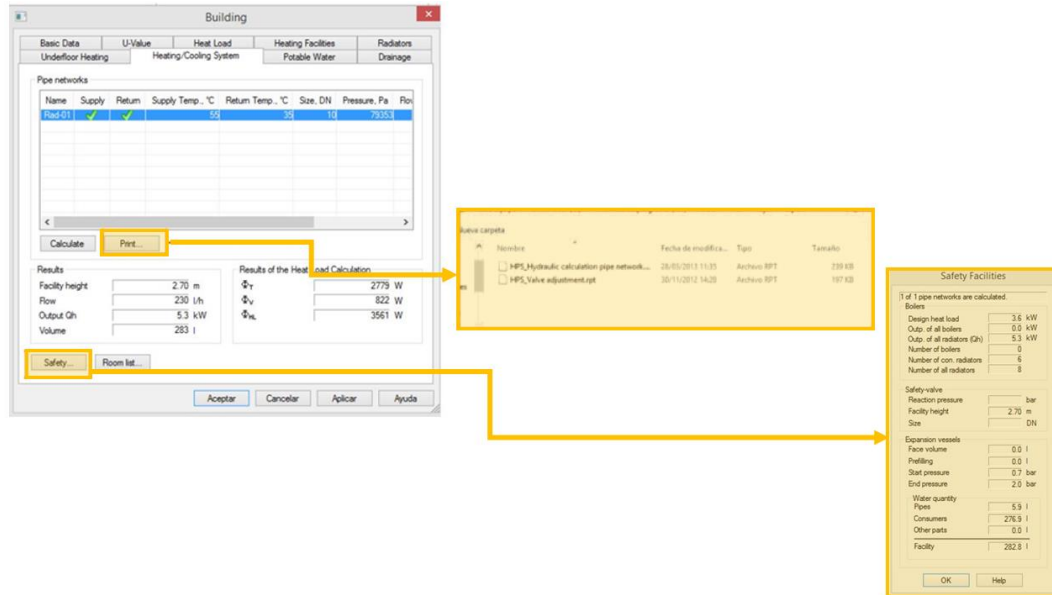


Figura 76. Extracción de resultados del cálculo de la red.

(Fuente: Elaboración propia.)

Desde ella, pulsando el botón *Print*, tenemos la posibilidad de obtener un informe de los resultados del cálculo. Podemos elegir qué informes queremos extraer: “*HPS\_Hydraulic calculation pipe network.rpt*” para obtener una lista de los cálculos de cada subsección de la red de tuberías seleccionada. O “*HPS\_Valve adjustment.rpt*” para extraer los ajustes de las válvulas de los radiadores en cada estancia.

Por último, existe la posibilidad de obtener un resumen de los parámetros más relevantes del sistema extraídos del resultado del cálculo, como pueden ser potencia de los generadores de calor, consumo de energía, número y volumen de los vasos de expansión, consumos hídricos... Para ello basta con pulsar en el botón *Safety...* y a continuación se desplegará una ventana que mostrará dicho resumen.





# *Capítulo 5:* *Conclusiones*



## 5 Conclusiones

Aquí se ha expuesto una breve introducción que permite adentrarse con una cierta base en el uso del programa para este tipo de instalaciones. No obstante, la potencia y herramientas disponibles van mucho más allá: detección automática de objetos en conexiones, trazados en paralelo de tuberías y conductos, repeticiones de subconjuntos de instalaciones...

En general no cabe duda de las grandes ventajas que presenta DDS-CAD para el diseño y cálculo de instalaciones en general y de las térmicas en particular. Sus puntos fuertes pueden resumirse en:

- Presenta una gran potencia de cálculo y manipulación virtual de instalaciones
- Versátil: sirve tanto para instalaciones eléctricas, de saneamiento, térmicas, ventilación, hidráulicas...
- Amplio catálogo de equipamiento y objetos.
- Posibilidad de añadir objetos a medida: permite diseñar un objeto y adjudicarle propiedades de las diferentes disciplinas pudiendo así integrarlo desde cero en una instalación funcional.
- Grandes posibilidades en cuanto a visualización y renderizado.
- Facilita una buena documentación de las instalaciones y sus componentes presentando listados y cálculos de forma rápida y sencilla. También consta en la bibliografía, aunque no se ha probado en el presente trabajo, una buena disposición para la obtención de planos y documentación del proyecto.

Por el contrario, se han encontrado algunos puntos flacos:

- Uso muy complejo: presenta una acusada curva de aprendizaje que, claro está, cuando se adquiere destreza permite ahorrar mucho tiempo respecto a los softwares tradicionales.
- La ayuda del programa no está bien desarrollada y hay mucha dificultad para trabajar en muchas de sus funcionalidades.
- Se encuentra muy escasa bibliografía sobre este programa.
- No permite diseñar estructuras ni obra civil.
- No representa las conexiones de los suelos radiantes ni los tubos de éstos ni siquiera de forma esquemática, sólo con un rayado en la superficie de la estancia.
- No calcula redes de cualquier fluido: se limita a hidráulica, humos,

ventilación, refrigerante y gas combustible, sin posibilidad de definir las propiedades físicas del fluido en el cálculo.

- Sólo calcula automáticamente calefacción con radiadores y suelo radiante: no por ventilación, acumuladores eléctricos u otras fuentes.
- No calcula potencias de refrigeración.
- En ocasiones, al lazar algunos cálculos o detección de colisiones entre elementos, el programa falla y se cierra repentinamente.

# Capítulo 6: Bibliografía



## 6 Bibliografía

### 6.1 Bibliografía consultada:

[1] Luis J. Lancharro Cordero. Manual DDS-CAD.

[2] Ayuda de Revit. Fecha de consulta: 21/02/2018.

URL:

[http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/.](http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/)

[3] Canal DDS-CAD. Fecha de consulta: 13/03/2018.

URL:

<https://www.youtube.com/channel/UC3A308JIBFYB6zAPe9QSEhg>.

[4] Caesoft. Fecha de consulta: 04/03/2017.

URL:

<http://www.caesoft.es/clientes/ETELIA.html>

<http://www.caesoft.es/clientes/dataedro.html>.

[5] Ayuda de DDS-CAD 12.

[6] DDS-CAD. Fecha de consulta: 10/05/2018.

URL:

<https://www.dds-cad.net/products/dds-cad-plumbing/>

### 6.2 Software utilizado

[1] Revit 2016

[2] DDS-CAD 12





# *Capítulo 7:* *Anejos:* *Proyecto soporte*