

Memoria de cálculo
CYPECAD MEP

CYPECAD MEP

Memoria de cálculo



Software *para*
Arquitectura,
Ingeniería y
Construcción

CYPE Ingenieros, S.A.

Avda. Eusebio Sempere, 5
03003 **Alicante**
Tel. (+34) 965 92 25 50
Fax (+34) 965 12 49 50
cype@cype.com

CYPE Madrid

Augusto Figueroa, 32-34, bajo
28004 Madrid
Tel. (+34) 915 22 93 10
Fax (+34) 915 31 97 21
cype.madrid@cype.com

CYPE Catalunya

Almogàvers, 64-66, 2º A
08018 Barcelona
Tel. (+34) 934 85 11 02
Fax (+34) 934 85 56 08
cype.catalunya@cype.com

www.cype.com

IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUIERE SU ATENCIÓN Y SU LECTURA

La información contenida en este documento es propiedad de CYPE Ingenieros, S.A. y no puede ser reproducida ni transferida total o parcialmente en forma alguna y por ningún medio, ya sea electrónico o mecánico, bajo ningún concepto, sin la previa autorización escrita de CYPE Ingenieros, S.A. La infracción de los derechos de propiedad intelectual puede ser constitutiva de delito (arts. 270 y sgts. del Código Penal).

Este documento y la información en él contenida son parte integrante de la documentación que acompaña a la Licencia de Uso de los programas informáticos de CYPE Ingenieros, S.A. y de la que son inseparables. Por consiguiente está amparada por sus mismas condiciones y deberes.

No olvide que deberá leer, comprender y aceptar el Contrato de Licencia de Uso del software del que es parte esta documentación antes de utilizar cualquier componente del producto. Si NO acepta los términos del Contrato de Licencia de Uso, devuelva inmediatamente el software y todos los elementos que le acompañan al lugar donde lo adquirió para obtener un reembolso total.

Este manual corresponde a la versión del software denominada por CYPE Ingenieros, S.A. como CYPECAD MEP. La información contenida en este documento describe sustancialmente las características y métodos de manejo del programa o programas a los que acompaña. La información contenida en este documento puede haber sido modificada posteriormente a la edición mecánica de este libro sin previo aviso. El software al que acompaña este documento puede ser sometido a modificaciones sin previo aviso.

CYPE Ingenieros, S.A. dispone de otros servicios entre los que se encuentra el de Actualizaciones, que le permitirá adquirir las últimas versiones del software y la documentación que le acompaña. Si Ud. tiene dudas respecto a este escrito o al Contrato de Licencia de Uso del software o quiere ponerse en contacto con CYPE Ingenieros, S.A., puede dirigirse a su Distribuidor Local Autorizado o al Departamento Posventa de CYPE Ingenieros, S.A. en la dirección:

Avda. Eusebio Sempere, 5 · 03003 Alicante (España) · Tel: +34 965 92 25 50 · Fax: +34 965 12 49 50 · www.cype.com

© CYPE Ingenieros, S.A.

Editado e impreso en Alicante (España)

Windows ® es marca registrada de Microsoft Corporation ®

CYPECAD MEP

Es un programa diseñado para el cálculo, dimensionamiento y comprobación de CYPECAD MEP de los tipos siguientes:

- Aislamiento
- Incendio
- Salubridad
- Climatización
- Energía solar térmica
- Gas
- Pararrayos
- Iluminación
- Electricidad
- Telecomunicaciones (ICT)

Al permitir todos los tipos de instalaciones, es decir, fontanería, gas, etc., en un único fichero, la definición de plantas y de los elementos constructivos es común a cualquiera de las instalaciones posibles. La configuración de grupos de planta (conjunto de varias plantas consecutivas e iguales) puede ser diferente en cada tipo de instalación. Terminado de definir un grupo de plantas, en el caso de tener otros grupos iguales o parecidos puede realizar una copia e iniciar las modificaciones que estime oportuno.

La obtención de planos será del conjunto de ellas, aunque sin mezclar instalaciones de distinto tipo, es decir, fontanería por un lado, incendio por otro, etc.

Permite importar ficheros IFC o utilizar DXF o DWG que sirvan de plantilla (con capturas a estas plantillas) para introducir la geometría en planta de cada una de las instalaciones. Puede personalizar las opciones y criterios de cálculo.

Índice general

CYPECAD MEP3

1. Memorias de cálculo9

1.1. Aislamiento9

1.1.1. Justificación del Cumplimiento CTE. DB-HE19

1.1.1.1. Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética9

1.1.1.2. Procedimiento de verificación: opción simplificada ...9

1.1.1.3. Procedimiento de verificación: opción general10

1.1.2. Cálculo de la ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-8810

1.1.2.2. Tipos de elementos constructivos10

1.1.3. Memoria de cálculo11

1.1.3.1. Elementos constructivos verticales11

1.1.3.2. Elementos constructivos horizontales12

1.2. Fontanería13

1.2.1. Datos previos13

1.2.1.1. Condiciones del suministro13

1.2.1.2. Simultaneidad en los consumos13

1.2.1.3. Biblioteca de consumos14

1.2.1.4. Velocidad en las conducciones14

1.2.1.5. Presiones en los consumos14

1.2.2. Conducciones14

1.2.2.1. Materiales14

1.2.2.2. Diámetros15

1.2.2.3. Consideración de elementos especiales15

1.2.3. Cálculo15

1.2.3.1. Formulación tuberías15

1.2.3.2. Cálculo de las redes de retorno de agua caliente ...16

1.2.4. Dimensionamiento17

1.2.5. Unidades17

1.3. Saneamiento18

1.3.1. Introducción18

1.3.2. Unidades de desagüe18

1.3.3. Caudales de descarga por área18

1.3.4. Sistemas mixto y separativo19

1.3.5. Condiciones de recogida19

1.3.5.1. Unidades de desagüe por aparato. (Desagüe de aguas fecales)19

1.3.5.2. Nudos de descarga de aguas pluviales20

1.3.6. Vertederos20

1.3.7. Arquetas y sifones20

1.3.8. Conducciones20

1.3.8.1. Diámetros20

1.3.9. Cálculo y dimensionamiento20

1.3.9.1. Ramales de descarga21

1.3.9.2. Canales semicirculares y rectangulares21

1.3.9.3. Bajantes21

1.3.9.4. Columnas de ventilación22

1.3.9.5. Colectores o albañales22

1.3.9.6. Comprobaciones de nudos22

1.3.10. Unidades22

1.4. Climatización23

1.4.1. Cálculo de cargas térmicas23

1.4.1.1. Introducción23

1.4.1.2. Tipos de cargas térmicas23

1.4.1.3. Memoria de cálculo24

1.4.2. Cálculo de la instalación27

1.4.2.1. Cálculo del sistema de conducción de agua	27	1.8.2. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio	42
1.4.2.2. Cálculo del sistema de conducción de aire	28	1.8.2.1. Caja General de Protección (CGP)	42
1.5. Gas	30	1.8.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM)	43
1.5.1. Características de las instalaciones receptoras de gas	30	1.8.2.3. Línea General de Alimentación (LGA)	43
1.5.2. Potencias de los aparatos	30	1.8.2.4. Centralización de contadores	43
1.5.3. Grado de gasificación	31	1.8.2.5. Derivaciones individuales	43
1.5.4. Criterios de diseño	32	1.8.2.6. Cuadros Generales de Mando y Protección (CGMP)	44
1.5.5. Formulación	32	1.8.3. Formulación	49
1.6. Incendio	35	1.8.3.1. Intensidad de línea	49
1.6.1. Instalaciones de protección contra incendios	35	1.8.4. Mediciones y presupuesto	51
1.6.2. Características y criterios de diseño de las instalaciones de protección contra incendios	35	1.8.5. Planos	52
1.6.2.1. Extintores	35	1.8.6. Unidades	52
1.6.2.2. Alumbrado de emergencia	35	1.9. Iluminación	52
1.6.2.3. Señalización	35	1.9.1. HE3	52
1.6.2.4. Sistemas de columna seca	36	1.9.1.1. Índice del local (K)	53
1.6.2.5. Redes hidráulicas	36	1.9.1.2. Número de puntos	53
1.6.2.6. Sistema de detección y alarma de incendios	38	1.9.1.3. Factor de mantenimiento previsto (Fm)	53
1.7. Pararrayos	38	1.9.1.4. Iluminancia media mantenida (Em)	53
1.7.1. Características de la instalación de pararrayos	38	1.9.1.5. Índice de deslumbramiento (UGR)	54
1.7.2. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio	38	1.9.1.6. Rendimiento de color (Ra)	54
1.7.3. Formulación	40	1.9.1.7. Eficiencia energética de la instalación (VEEI)	54
1.7.4. Documento de justificación del cumplimiento del DB-SU 8	41	1.9.1.8. Potencias del conjunto de lámparas utilizado (P)	55
1.7.5. Planos	41	1.9.2. SU4	55
1.7.6. Medición y presupuesto	41	1.10. Electricidad	56
1.8. Electricidad	42	10.1. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio	56
1.8.1. Características de las instalaciones eléctricas del edificio	42	10.2. Bases de cálculo	58
		10.2.1. Sección de las líneas	58
		10.2.2. Cálculo de las protecciones	61

10.2.3. Cálculo de puesta a tierra . . . . .	.63
1.11. Telecomunicaciones (I.C.T.) . . . . .	.63
1.11.1. Consideraciones del diseño . . . . .	.63
1.11.2. Datos previos del proyecto . . . . .	.65
1.11.2.1. Descripción de las unidades de uso . . . . .	.66
1.11.2.2. Selección del emplazamiento . . . . .	.66
1.11.2.3. Características de la edificación . . . . .	.66
1.11.2.4. Datos de proyecto . . . . .	.66
1.11.3. I.C.T. para captación, adaptación y distribución de señal de radiodifusión sonora y televisión terrenal y por satélite . . . . .	.66
1.11.3.1. Conjunto de elementos de captación de las señales .66	
1.11.3.2. Equipamiento de cabecera . . . . .	.69
1.11.3.3. Definición de la Red . . . . .	.70
1.11.3.4. Cálculo de los parámetros básicos de la instalación .72	
1.11.4. Infraestructura común de telecomunicaciones para la distribución de telefonía básica . . . . .	.76
1.11.4.1. Definición de la red . . . . .	.76
1.11.4.2. Dimensionamiento del punto de interconexión y de distribución . . . . .	.77
1.11.4.3. Criterio de asignación de pares . . . . .	.77
1.11.5. Cálculo de infraestructura . . . . .	.77
1.11.5.1. Consideraciones del esquema general del edificio . .77	
1.11.5.2. Arqueta de entrada y canalización externa . . . . .	.78
1.11.5.3. Registros de enlace y canalización de enlace . . . . .	.78
1.11.5.4. Recintos de instalaciones de telecomunicaciones . .79	
1.11.5.5. Registros principales . . . . .	.81
1.11.5.6. Canalización principal y registros secundarios . . . . .	.81
1.11.5.7. Canalización secundaria, registros de paso y registros de terminación de red . . . . .	.82
1.11.5.8. Canalización interior de usuario, registros de paso y registros de toma . . . . .	.82

1. Memorias de cálculo

1.1. Aislamiento

1.1.1. Justificación del Cumplimiento CTE. DB-HE1

1.1.1.1. Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

1.1.1.2. Procedimiento de verificación: opción simplificada

Teniendo en cuenta que para poder escoger la opción simplificada deben cumplirse unas ciertas condiciones de aplicabilidad, este procedimiento está basado en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica.

La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 del DB-HE 1 y a obras de rehabilitación de edificios existentes. En el caso de no poder aplicar la opción simplificada, habrá que recurrir a la opción general para justificar el cumplimiento del DB-HE 1 en el programa LIDER.

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1 y el apéndice D del DB-HE 1, y de la carga interna en sus espacios según el apartado 3.1.2 del DB-HE 1.

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límite establecidos en las tablas 2.2 del DB-HE 1.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 del DB-HE 1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

En edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a $1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Al igual que con la opción general, se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

La permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática previamente comentada, tal y como viene explicado en el apartado 2.3 del DB-HE 1.

La ficha justificativa del cumplimiento de la opción simplificada del DB-HE1 se divide en tres partes:

- **Ficha 1:** Cálculo de los parámetros característicos medios P Se calculan los parámetros característicos medios U , F de muros de fachada, puentes térmicos y cerramientos en contacto con el terreno, suelos, cubiertas y lucernarios, y huecos. El cálculo de los parámetros característicos de los elementos constructivos se basa en el Apéndice E del DB-HE 1.
- **Ficha 2:** Conformidad. Demanda energética P Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de distintos espacios, se comparan los valores máximos de proyecto de transmitancia de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica con respecto a unos límites establecidos en función de la zona climática del edificio. Asimismo, se comparan los parámetros característicos medios U , F de muros de fachada, puentes térmicos y cerramientos en contacto con el terreno, suelos, cubiertas y lucernarios, y huecos.
- **Ficha 3:** Conformidad. Condensaciones P Se limitan las condensaciones superficiales e intersticiales (presiones parciales de vapor) en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio. El cálculo se basa en el Apéndice G del DB-HE 1.

1.1.1.3. Procedimiento de verificación: opción general

Comprobación del cumplimiento de la opción general del DB-HE 1 del CTE, con la exportación de la geometría, composición de cerramientos, condiciones interiores y datos climáticos, del edificio al programa LIDER del CTE.

1.1.2. Cálculo de la ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-88

Una vez introducidos los datos de los elementos constructivos de la instalación, el programa permite cumplimentar automáticamente la ficha justificativa de aislamiento acústico de la instalación, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación.

Para ello, el programa calcula el aislamiento acústico a ruido aéreo en los elementos constructivos verticales y horizontales, incluyendo la influencia de ventanas en fachadas y el nivel de ruido de impacto normalizado en los elementos constructivos horizontales; y además compara los valores obtenidos con los exigidos en los artículos 10º, 11º, 12º, 13º, 14º y 15º de la **Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88**.

El programa asocia los distintos cerramientos introducidos, basándose en las definiciones descritas en dichos artículos de la Norma en su capítulo III, y son las siguientes:

1.1.2.2. Tipos de elementos constructivos

Particiones interiores

Se consideran particiones interiores a los siguientes elementos constructivos verticales, excluidas las puertas:

- Elementos separadores de locales pertenecientes a la misma propiedad o usuario, en edificios de uso residencial.
- Elementos separadores de locales utilizados por un solo usuario, en edificios de uso residencial público o sanitario.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a las particiones interiores se fija en 30 dBA, para las que compartimentan áreas del mismo uso; y en 35 dBA, para las que separan áreas de usos distintos.

Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos

Se consideran paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos a las siguientes:

- Paredes medianeras entre propiedades o usuarios distintos, en edificios de usos residencial privado o administrativo y de oficina.
- Paredes separadoras de habitaciones destinadas a usuarios distintos, en edificios de usos residencial público y sanitario.

- Paredes separadoras de aulas, en edificios de uso docente.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

Paredes separadoras de zonas comunes interiores

Las siguientes se consideran paredes separadoras de zonas comunes interiores, excluidas las puertas:

- Paredes que separan las viviendas o los locales administrativos y de oficinas de las zonas comunes del edificio, tales como cajas de escalera, vestíbulos o pasillos de acceso, y locales de servicio comunitario.
- Paredes que separan las habitaciones de las zonas comunes del edificio, análogas a las señaladas anteriormente, en edificios de usos residencial público y sanitario.
- Paredes que separan las aulas de las zonas comunes del edificio, análogas a las señaladas anteriormente, en edificios de uso docente.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

Fachadas

Se consideran fachadas a los elementos constructivos verticales o con inclinación superior a 60° sobre la horizontal, que separan del exterior los espacios habitables del edificio.

El aislamiento acústico global mínimo de ruido aéreo a_g exigible a estos elementos constructivos en cada local de reposo se fija en 30 dBA.

Elementos horizontales de separación

Se considera elemento horizontal de separación de dos espacios o locales al conjunto de techo, forjado y solado.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

El nivel de ruido de impacto normalizado L_N en el espacio subyacente no será superior a 80 dBA; con la excepción de que estos espacios sean exteriores o no habitables, como porches, cámaras de aire, garajes, almacenes o salas de máquinas.

Cubiertas

Se considera cubierta al conjunto de techo, forjado o elemento estructural y cubrición propiamente dicha.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

En azoteas transitables, el nivel de ruido de impacto normalizado LN en el espacio subyacente no será superior a 80 dBA, con la excepción de que estos espacios sean no habitables como trasteros y salas de máquinas.

1.1.3. Memoria de cálculo

El cálculo teórico de los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo y de nivel de ruido de impacto normalizado se realiza conforme a las fórmulas descritas en el Anexo 3 de la Norma, que se indican a continuación.

1.1.3.1. Elementos constructivos verticales

El aislamiento acústico proporcionado por elementos verticales, excluyendo ventanas y puertas (éstas últimas quedan fuera de las exigencias de la Norma y, por tanto, no se calculan), es función casi exclusiva de su masa. Y las ecuaciones siguientes son aplicables tanto para las particiones interiores como para las paredes separadoras y las partes ciegas de las fachadas ($a_c=R$):

$$\begin{aligned} R &= 16.6 \cdot \log(m) + 2 & m < 150 \\ R &= 36.5 \cdot \log(m) - 41.5 & m > 150 \end{aligned}$$

R: aislamiento acústico a ruido aéreo (dBA).
m: masa por unidad de superficie (kg/m^2).

En fachadas, el aislamiento acústico global, a_g , viene fundamentalmente condicionado por las ventanas, dado que se trata normalmente de paramentos mixtos cuyo aislamiento global es función de los aislamientos y de la relación de áreas de sus componentes, según se indica en el Anexo 1 de la Norma, apartado 36, donde, para un cerramiento con ventanas, se obtiene:

$$a_g = 10 \cdot \log \left[\frac{S_C + S_V}{\frac{S_C}{10^{a_c/10}} + \frac{S_V}{10^{a_v/10}}} \right]$$

a_g : aislamiento acústico global a ruido aéreo en fachada (dBA).

S_C : área de parte ciega en fachada (m^2).

S_V : área de ventanas en fachada (m^2).

a_c : aislamiento acústico a ruido aéreo de la parte ciega de la fachada ($a_c=R$) (dBA).

a_v : aislamiento acústico a ruido aéreo de la ventana (dBA).

El aislamiento proporcionado por las ventanas que pueden introducirse en el programa (de una o dos hojas separadas por cámara de aire de menos de 15 mm de espesor) se determina mediante la ecuación siguiente:

$$a_v = 13.3 \cdot \log(e) + 14.5$$

a_v : aislamiento acústico a ruido aéreo de la ventana (dBA).

e : espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja o la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos (con cámara de aire interior menor de 15 mm).

1.1.3.2. Elementos constructivos horizontales

El aislamiento a ruido aéreo proporcionado por estos elementos se determina de igual forma a los elementos verticales, mediante la siguiente ecuación:

$$R = 36.5 \cdot \log(m) - 41.5 \quad m > 150$$

R : aislamiento acústico a ruido aéreo del elemento horizontal (dBA).

m : masa por unidad de superficie del conjunto techo-forjado-solado (kg/m^2).

El nivel de ruido de impacto normalizado L_N en el espacio subyacente se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_N = 135 - R - M$$

L_N : nivel de ruido de impacto normalizado (dBA).

R : aislamiento al ruido aéreo del elemento separador horizontal (dBA).

M : mejora de aislamiento a ruido de impacto según Tabla 3.8 del Anexo 3 de la NBE-CA-88 para elementos horizontales con solado amortiguador o flotante y/o techo acústico:

Solución constructiva	Mejora de aislamiento a ruido de impacto (dBA)
Pavimentos	
Plástico (PVC, amianto vinilo)	2
Flotante de hormigón sobre fieltro	6
Plástico sobre corcho	7
Plástico sobre fieltro	8
Parquet de corcho	10
Plástico sobre espuma	11
Flotante de hormigón sobre fibra mineral	15
Flotante de hormigón sobre planchas elastificadas de poliestireno expandido	18
Moqueta	16
Flotante de parquet	18
Moqueta sobre fieltro	20
Moqueta sobre espuma	22
Techos	
Falso techo flotante	10

Consulte en www.cype.com el cumplimiento de **CTE DB-HR Protección frente al ruido**.

1.2. Fontanería

El objetivo fundamental en el diseño de una red de fontanería es hacer llegar el agua a cada punto de consumo en un edificio.

El problema puede abordarse desde dos puntos de vista diferentes:

- **Diseño**

Suele ser el caso más habitual, en el que a partir de una serie de datos de consumo y distribución de los mismos, se desea obtener los diámetros adecuados de las conducciones de agua.

- **Comprobación**

A partir de una red ya diseñada, se desea conocer si cumple con las limitaciones de diseño impuestas o consideradas a juicio del técnico.

Tanto si se desea diseñar como si lo que se quiere es comprobar, es necesario tener en cuenta las siguientes pautas:

Las condiciones de llegada del agua a los puntos de consumo

Es necesario respetar una serie de condicionantes, como presiones en los consumos y velocidad del agua en las tuberías.

Facilidad de construcción

La utilización de materiales, diámetros y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajusten a las normas tanto en dimensiones como en comportamiento.

Mantenimiento

Es fundamental conseguir un buen funcionamiento de la red para evitar un excesivo y costoso mantenimiento correctivo, facilitando el mantenimiento preventivo.

Economía

La red debe comportar un coste razonable evitando en lo posible sobredimensionar.

Recogidos todos los datos necesarios, se efectúa el cálculo con respecto a la formulación adecuada en cada caso.

1.2.1. Datos previos

1.2.1.1. Condiciones del suministro

El cálculo de una red se puede efectuar de dos modos:

- A partir de una presión de acometida dada, que debe ser introducida por el usuario.
- Permitiendo que el programa dé como resultado la presión necesaria en acometida que garantice el correcto funcionamiento de la red.

1.2.1.2. Simultaneidad en los consumos

El cálculo hidráulico de la red de fontanería se puede realizar acumulando los caudales brutos definidos en los consumos, o bien aplicando coeficientes de simultaneidad.

Para el cálculo de los caudales se aplican dos tipos de formulación:

1. Para los aparatos dentro de una vivienda, el coeficiente de simultaneidad es el siguiente:

$$K_s = \frac{1}{(n-1)^{1/2}}$$

Este coeficiente puede multiplicarse por otro (valor de corrección) que puede definir en **Datos generales** del menú **Obra**.

2. El coeficiente de simultaneidad del conjunto de viviendas se define como:

$$K_n = \frac{(19+n)}{(10 \cdot n + 10)}$$

Es necesario tener en cuenta que el programa contabilizará como vivienda todos los consumos que se encuentren aguas abajo de una tubería con contador.

1.2.1.3. Biblioteca de consumos

La biblioteca de consumos está adaptada al Código Técnico de la Edificación. Se introducen los caudales por aparato contenidos en la tabla 2.1 del HS 4:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

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

1.2.1.4. Velocidad en las conducciones

Una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red de fontanería en un edificio es la velocidad del fluido en los mismos.

Se pueden editar los límites de velocidad que utilizará el programa para realizar comprobaciones y dimensionar. Se recomiendan los valores que aparecen en el programa: el mínimo es 0.5 m/s, y el máximo 2 m/s.

1.2.1.5. Presiones en los consumos

Cuando se diseña una red de fontanería, es necesario asegurar en los consumos una presión disponible mínima.

También se debe limitar el valor máximo de la misma, ya que el exceso de presión podría provocar roturas en las conducciones.

El rango normal de presiones disponibles en nudos de consumo en un edificio oscila entre los 10 y los 50 m.c.a, aunque estos valores pueden venir determinados en gran medida por las necesidades de cada tipo de consumo.

Un exceso en las presiones en la red puede ocasionar fugas, debiéndose instalar válvulas reductoras en las acometidas de los consumos.

Es conveniente tener en cuenta que para los consumos con fluxor, la presión necesaria aumentará 5 m.c.a.

1.2.2. Conducciones

El funcionamiento de una red de fontanería en un edificio depende en gran medida del tipo y tamaño de las conducciones empleadas.

1.2.2.1. Materiales

Determinan la rugosidad superficial del tubo con la que se va a encontrar el agua. Una mayor rugosidad del material implica mayores pérdidas en el tramo. Se suele expresar en milímetros. Éstos son los valores habituales en proyecto de la rugosidad absoluta:

Materiales	Valores habituales de rugosidad absoluta (mm)
Acero galvanizado	0.03
Cobre	0.042
Acero inoxidable	0.03
Polietileno	0.02
Polipropileno	0.02
PVC	0.03
Tubos multicapa	0.01

1.2.2.2. Diámetros

El tratamiento de los materiales se realiza a través del uso de bibliotecas, de donde se obtienen los materiales a emplear. Cada material aporta su característica de rugosidad absoluta junto con una serie de diámetros. Estas bibliotecas son definibles por el usuario, que puede modificar los coeficientes de rugosidad, así como quitar o añadir diámetros a la serie.

Diámetros mayores proporcionan pérdidas de carga menores en las conducciones y válvulas, y disminuyen la velocidad de circulación, pero encarecen el coste de la red, con el riesgo añadido de tener velocidades excesivamente bajas o presiones demasiado altas en los nudos.

1.2.2.3. Consideración de elementos especiales

Debido a necesidades constructivas o de control, las redes de fontanería en edificios requieren del uso de elementos especiales diferentes a las tuberías, como pueden ser válvulas (en sus diferentes variantes), contadores, termoacumuladores, grupos de bombeo, etc.

Estos elementos serán clasificados en tres grupos:

- En el grupo de pérdida de carga: se encuentran todos los elementos que provocan una pérdida de presión al circular caudal. Esta pérdida de carga se puede introducir directamente en m.c.a. (metros de columna de agua) o proporcionalmente al caudal, con la constante 'K' que aparece en las hojas de características técnicas de válvulas y demás elementos.
- Las bombas producen un aumento en la altura piezométrica del agua en la conducción, en función del caudal que circula. A pesar de que no sea un dato rigurosamente exacto, al definir una bomba se introducirá su ganancia de presión en m.c.a. y su rendimiento eléctrico. De esta forma el programa proporciona la potencia

eléctrica en kW de la bomba en cuestión, que será un dato importante a tener en cuenta a la hora de seleccionar un modelo comercial concreto.

- Para las redes de retorno de agua caliente, el programa da como resultado la potencia eléctrica mínima necesaria para bombear el agua caliente a través del circuito de recirculación, teniendo en cuenta los desniveles de altura y la pérdida de carga en las conducciones.

En una red real existen otros elementos, como por ejemplo codos y reducciones. En algunos casos, las pérdidas de carga sufridas en estos elementos son importantes en el cálculo. El programa permite incrementar el factor de fricción resultante del cálculo para conseguir unos resultados que incluyan este tipo de pérdidas. Por este motivo se define en el menú **Opciones** el coeficiente de corrección del factor de fricción.

1.2.3. Cálculo

Una vez obtenidos los datos de partida, se procede al cálculo de la red, de acuerdo con los tipos de conducciones, diámetros, elementos intercalados, caudales demandados y presiones de suministro. Para ello se emplea la formulación que se detalla a continuación.

1.2.3.1. Formulación tuberías

Para resolver los segmentos de la red se calculan las caídas de altura piezométrica, entre dos nudos conectados por un tramo, con la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

siendo:

h_p : Pérdida de carga (m.c.a.)

L: Longitud resistente de la conducción (m)

Q: Caudal que circula por la conducción (m³/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)
D: Diámetro interior de la conducción (m)

El factor de fricción f es función de:

• El número de Reynolds (Re)

Representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en la tubería. Cuando las fuerzas viscosas son predominantes (Re con valores bajos), el fluido discurre de forma laminar por la tubería. Cuando las fuerzas de inercia predominan sobre las viscosas (Re grande), el fluido deja de moverse de una forma ordenada (laminar) y pasa a régimen turbulento, cuyo estudio en forma exacta es prácticamente imposible. Cuando el régimen es laminar, la importancia de la rugosidad es menor, respecto a las pérdidas debidas al propio comportamiento viscoso del fluido, que cuando es régimen turbulento, donde, por el contrario, la influencia de la rugosidad se hace más patente.

• La rugosidad relativa (ϵ/D)

Traduce matemáticamente las imperfecciones del tubo. En el caso del agua, los valores de transición entre los regímenes laminar y turbulento para el número de Reynolds se encuentran en la franja de 2000 a 4000, calculándose como:

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

siendo:

V: La velocidad del fluido en la conducción (m/s)

D: El diámetro interior de la conducción (m)

ν : La viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

En edificios no se permite el flujo laminar en las conducciones, y para el cálculo en régimen turbulento del factor de fricción se podrán utilizar dos fórmulas:

• Colebrook-White

Mediante un cálculo iterativo, da un resultado exacto del factor de fricción.

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

• Malafaya-Baptista

La formulación es muy similar a la de Colebrook-White, pero evita las iteraciones en el cálculo, mediante una aproximación.

siendo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \left(0.4894 \cdot Re^{-0.11} \right) + 0.18 \cdot Re^{-0.095} \cdot \left(\frac{\epsilon}{D} \right)^{0.6}} \right]$$

f: Factor de fricción

ϵ : Rugosidad absoluta del material (m)

D: Diámetro interior de la conducción (m)

Re: Número de Reynolds

Como parámetro se necesita los datos de la viscosidad cinemática del fluido, 1.010e-6 m²/s para el agua fría y 0.478e-6 m²/s para el agua caliente, aunque estos datos son también editables en el programa.

1.2.3.2. Cálculo de las redes de retorno de agua caliente

Cuando se instalan redes de agua caliente es usual que el agua que se encuentra en las tuberías llegue a enfriarse, por lo que al poner en funcionamiento un aparato de agua caliente se descargará el agua fría de la tubería durante un tiempo, hasta que llega el agua caliente al punto de consumo.

Esta situación es la que se pretende solucionar con las redes de retorno de agua caliente.

Se consigue que exista una recirculación de agua caliente por la red, de forma que cuando se ponga en funcionamiento un aparato de agua caliente llegue el agua a la temperatura adecuada instantáneamente.

Se calcula un caudal mínimo de recirculación que garantice una pérdida de temperatura determinada, desde el aparato calentador hasta el consumo de la misma.

$$E_p = Q \cdot (T_e - T_s)$$

siendo:

E_p : Calor disipado

Q : Caudal en el tramo

T_e y T_s : Temperaturas de entrada y salida en un determinado tramo

El cálculo calorífico efectuado considera las pérdidas de calor en el circuito de agua caliente y la existencia o no de aislante en dichas conducciones.

- La formulación utilizada para el cálculo **sin material aislante** es la siguiente:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{D}{h_i \cdot D} + \frac{1}{h_e}}$$

- La formulación utilizada para el cálculo **con material aislante** es la siguiente:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{1}{h_i} + \frac{D}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot e + D}{D}\right) + \left(\frac{D}{h_e \cdot (2 \cdot e + D)}\right)}$$

siendo:

E_p : Calor disipado

ΔT : Diferencia de temperatura entre agua caliente y ambiente

D : Diámetro interior de la conducción

h_e : Coeficiente convección exterior

h_i : Coeficiente convección interior

e : Espesor del aislante

λ : Conductividad térmica del aislante

1.2.4. Dimensionamiento

Al dimensionar, el programa tratará de optimizar y seleccionar el diámetro mínimo que cumpla todas las restricciones (velocidad, presión), y en caso de que se haya elegido la

opción de velocidad óptima, serán seleccionados aquellos diámetros que garanticen que la velocidad del fluido en ellos se aproxime más a la óptima.

Para iniciar el dimensionado, se establece el diámetro de cada uno de los tramos al menor de la serie del material asignado.

Hay que hacer notar que no se alterará durante el dimensionado el material del tramo, ya que las variaciones en el material empleado en una obra suelen ser limitaciones impuestas al diseño por factores externos o normas.

El tramo que se encuentra en peores condiciones, es decir, cuya desviación sobre los límites de velocidad es la mayor, se modifica de la siguiente forma:

- Si la velocidad del fluido es mayor que el límite máximo, se aumenta el diámetro.
- Si la velocidad del fluido es menor que el límite mínimo, se disminuye el diámetro.

Una vez que los tramos cumplen estas condiciones, se comprueba si existen nudos que no cumplan con las condiciones de presión máxima y mínima. En caso de existir, se modificará el diámetro de las conducciones más cargadas, es decir, aquéllas con una pérdida de carga unitaria mayor.

1.2.5. Unidades

El programa solicita los datos en una serie de unidades, si bien internamente utiliza las unidades requeridas por la formulación. Estas son las unidades empleadas:

- Caudal l/s
- Diámetro mm
- Velocidad m/s
- Presión m.c.a
- Temperatura °C
- Longitud m

1.3. Saneamiento

1.3.1. Introducción

El objetivo fundamental en el diseño de una instalación de saneamiento, en un edificio de viviendas, es evacuar el agua procedente de la lluvia y de los aparatos de descarga hasta la instalación de saneamiento de la urbanización.

El problema puede abordarse desde dos puntos de vista diferentes:

- **Diseño**

Suele ser el caso más habitual, en el que a partir de una serie de datos de agua recogida y distribución se desea obtener las dimensiones adecuadas de las conducciones.

- **Comprobación**

A partir de una instalación ya diseñada, se desea conocer si cumple con las limitaciones de diseño impuestas o consideradas a juicio del técnico.

Tanto si se desea diseñar como si se quiere comprobar, debe tener en cuenta las siguientes pautas:

Exigencias de caudal a evacuar

Es necesario respetar una serie de condicionantes en recogida de aguas fecales y aguas pluviales.

Facilidad de construcción

El empleo de materiales, diámetros y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajusten a las normas en dimensiones y en comportamiento.

Mantenimiento

Conseguir un buen funcionamiento de la instalación para evitar un excesivo y costoso mantenimiento correctivo, facilitando el mantenimiento preventivo, es fundamental.

Economía

No basta con que la instalación funcione. Ésta debe comportar, además, un coste razonable evitando en lo posible sobredimensionar.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, se efectúa el cálculo con la formulación adecuada en cada caso.

1.3.2. Unidades de desagüe

Se han desarrollado diversos métodos de cálculo para las instalaciones de saneamiento, y todos ellos necesitan considerar la probabilidad de uso simultáneo de los aparatos sanitarios. Los métodos son por tanto aproximados y el técnico deberá considerar las particularidades de la instalación que diseña.

En el programa se ha utilizado como base de diseño de las tuberías el método de las unidades de desagüe.

Una unidad de desagüe (UD a partir de ahora), corresponde a 0.47 litros / segundo, y de esta forma se consigue ver fácilmente el peso que cada aparato tiene sobre la instalación de evacuación.

1.3.3. Caudales de descarga por área

El caudal a partir del cual se realizará el dimensionado y la comprobación de tuberías para evacuación de aguas pluviales se calcula mediante la siguiente formulación:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Q : Caudal de cálculo

C : Coeficiente de filtración, que generalmente es igual a 1

I : Intensidad pluviométrica máxima en una hora

A : Área de drenaje, en proyección horizontal

La intensidad pluviométrica máxima en una hora es un parámetro que depende fundamentalmente de la situación

geográfica, y de otros como el período de retorno y la duración de la lluvia.

Existen 20 ciudades españolas que cuentan con estaciones meteorológicas con datos de precipitaciones máximas en intervalos de 10 minutos a 2 horas, con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, y 50 años.

Para estos casos bastará con seleccionar la ciudad de la lista que propone el programa.

En caso de que la ciudad en cuestión no pertenezca a esta lista de 20 ciudades, habrá que buscar la isoyeta y la zona en que se encuentra la ciudad, mediante el mapa de precipitaciones máximas en una hora.

Se recomienda, para los casos de edificación de viviendas, considerar un período de retorno de 10 años y una duración de lluvia de 10 minutos.

Una vez calculada la intensidad de precipitación, el programa realiza una conversión entre superficie a evacuar y caudal.

1.3.4. Sistemas mixto y separativo

Es aconsejable diseñar sistemas en los que se mantengan separadas las instalaciones de aguas pluviales y fecales hasta el exterior del inmueble.

De todas formas, es práctica habitual que dichas instalaciones coincidan en un albañal, y puede darse el caso que compartan también las bajantes.

Por esta razón, el programa detectará el tipo de instalación que cada tramo tiene aguas arriba, y lo catalogará como tramo del sistema de evacuación de aguas pluviales, sistema de evacuación de aguas fecales o sistema mixto de evacuación.

1.3.5. Condiciones de recogida

Son necesarios varios datos a la hora de calcular una instalación. Estos datos son, en definitiva, los que marcarán el comportamiento de la misma.

1.3.5.1. Unidades de desagüe por aparato. (Desagüe de aguas fecales)

Generalmente, éste es el principal condicionante en el funcionamiento de la instalación. Existe una diferencia notable en los valores, según si el edificio en cuestión es para uso público o privado.

Aparato	UDs (Edificio uso privado)	UDs (Edificio uso público)
Lavabo	1	2
Bidé	2	3
Ducha	2	3
Bañera	3	4
Inodoro	4	5
Urinario	4	4
Fregadero	3	6
Lavadero	3	3
Fuente	0.5	0.5
Lavaplatos	3	6
Lavadora	3	6
Desagüe de local húmedo	2	4
Desagüe de garaje	2	4

En cualquier caso, las instalaciones de saneamiento deben ser ramificadas, con un solo punto de vertido. Su funcionamiento debe ser en lámina libre.

1.3.5.2. Nudos de descarga de aguas pluviales

Los nudos de suministro de caudal en instalaciones de evacuación de aguas pluviales se podrán introducir de diferentes formas:

- Mediante nudos de descarga por área: Son los correspondientes a los sumideros en cubiertas de edificios.
- Mediante descargas directas por caudal o unidades de desagüe: En lugar de definir el área de descarga asociada a un nudo o conducto, se puede asignar directamente un número de unidades de desagüe o caudal determinado. Se consigue de esta forma simplificar la edición de las instalaciones de evacuación de aguas pluviales.

Se podrán utilizar símbolos diferentes para desagües de garaje y de cubierta, y estas últimas podrán tener un símbolo diferente según se trate de cubiertas transitables o no.

1.3.6. Vertederos

El vertedero es el punto final donde llega toda el agua evacuada por la instalación de saneamiento. Dichos puntos pueden ser de varios tipos, pero en el caso de edificios, la situación más usual es que la instalación del edificio des- emboque en una arqueta o pozo de registro, que enlace con la instalación de saneamiento de la urbanización.

1.3.7. Arquetas y sifones

Existe la posibilidad de definir los siguientes nudos especiales:

- **Bote sifónico.** Suele ubicarse en baños y aseos. Recoge el caudal de los aparatos que no cuentan con sifón individual. Generalmente todos, excepto el inodoro.
- **Arqueta.** Son puntos de registro, en los que se suelen producir uniones de tuberías.

- **Arqueta sifónica.** Son arquetas que cuentan con un sifón, para evitar la propagación de malos olores.
- **Separador de grasas y fangos.** Se suele colocar en cocinas de gran tamaño o garajes para evitar que grasas y aceites accedan a la instalación de saneamiento. Será necesario su limpieza periódica para retirar estos productos.
- **Pozo de registro.** Suele ser el punto final de la instalación de saneamiento del inmueble, y enlaza con la instalación general de saneamiento de la urbanización.

1.3.8. Conducciones

El funcionamiento de una instalación de saneamiento depende en gran medida del tipo, geometría y tamaño de las conducciones empleadas.

1.3.8.1. Diámetros

El tratamiento de los materiales se realiza a través del uso de bibliotecas, de las cuales se obtienen los materiales a emplear en las obras. Cada uno de estos materiales aporta su coeficiente junto con una serie de dimensiones de canalización. Estas bibliotecas son definibles por el usuario, que puede modificar los coeficientes, así como quitar o añadir diámetros a la serie.

Diámetros mayores disminuyen la velocidad de circulación y disminuyen también la posibilidad de entrar en carga, pero encarecen el coste de la instalación, con el riesgo añadido de tener velocidades excesivamente bajas.

1.3.9. Cálculo y dimensionamiento

Una vez obtenidos los datos de partida, se procede al cálculo de la instalación, de acuerdo con los tipos de conducciones, diámetros y caudales aportados. Para ello se emplea el método de resolución que se detalla a continuación.

En el caso de instalaciones de saneamiento, se utiliza el método de recuento de áreas y de UDs desde los aportes hasta la instalación general de saneamiento de la urbanización.

Por ello, la instalación debe ser ramificada y con un solo punto de vertido.

Al dimensionar, el programa tratará de optimizar y seleccionar el diámetro mínimo que cumpla todas las restricciones.

Conductos, bajantes, canalones, etc., se dimensionan de acuerdo con las tablas de diseño y dimensionado de desagües en la edificación, propuestas por el fabricante Uralita.

Hay que hacer notar que no se alterará durante el dimensionado el material del tramo, ya que las variaciones en el material empleado en una obra suelen ser limitaciones impuestas al diseño por factores externos o normas.

Como se ha mencionado anteriormente, existen unas comprobaciones de nudo opcionales que afectan a la distancia de nudos con sifón a la bajante. De no cumplirse estas comprobaciones, el dimensionado no podría actuar de ninguna manera, puesto que ello implicaría modificar la topología de la instalación, y ésta debe quedar siempre bajo el juicio del técnico que diseñe la instalación.

1.3.9.1. Ramales de descarga

En las tablas de Uralita se limita el diámetro del ramal de descarga en función de las UDs que circulen por él y su pendiente.

Existe otra limitación de diámetros mínimos por aparato que deberán cumplir los ramales individuales de descarga, aunque estos datos son modificables por el usuario:

Aparato	Diámetro mínimo del ramal individual (mm)
Lavabo	32
Bidé	32
Ducha	40
Bañera	40
Inodoro	80
Urinario	50
Fregadero	40
Lavadero	40
Lavaplatos	40
Lavadora	40

1.3.9.2. Canalones semicirculares y rectangulares

Son tramos abiertos ideados para evacuar el agua de lluvia de las cubiertas de los edificios. Su utilización se restringe únicamente a estos efectos, y de ninguna forma podrán instalarse en instalaciones mixtas o de aguas fecales.

Recogerán caudal a través de todo su recorrido, o directamente a partir de un nudo de descarga de aguas pluviales.

1.3.9.3. Bajantes

El dimensionado de las bajantes se hace de acuerdo con el número de UDs asignado a cada aparato, y de forma que la superficie ocupada por el agua no sea nunca superior a un tercio de la sección transversal de la tubería, para evitar variaciones de presión que hagan peligrar los cierres hidráulicos.

Su diseño dependerá del tipo de instalación al que pertenezca: de evacuación de aguas pluviales, de evacuación de aguas fecales o sistema mixto de evacuación.

Deberá contar siempre con ventilación primaria, y la altura de ésta deberá ser suficiente para que el extremo no sea

accesible en cubiertas transitables y nunca sea susceptible de inundación.

Es común utilizar en obra un diámetro común para todas las bajantes. Esta opción se contempla en el menú opciones, en la que se puede asignar a todas las bajantes un diámetro mínimo, de forma que se homogeneicen los diámetros de las mismas en el proyecto.

1.3.9.4. Columnas de ventilación

Las columnas de ventilación son necesarias para bajantes de aguas fecales en edificios de más de cuatro plantas.

Para su dimensionado se tiene en cuenta que el diámetro mínimo debe ser igual a la mitad del diámetro de la bajante. En la misma tabla se dan los diámetros de las columnas de ventilación y las longitudes efectivas máximas permitidas, en función del diámetro de la bajante y del número de UDs conectadas.

Los diámetros necesarios para una columna de ventilación que se une a la bajante en cada planta son sensiblemente inferiores a los diámetros necesarios para columnas que no se unen y, por esta razón, se podrá seleccionar o no esta opción en el panel correspondiente a las bajantes con ventilación secundaria.

1.3.9.5. Colectores o albañales

Son conductos horizontales que recogen el caudal evacuado por las bajantes en las plantas inferiores del inmueble, para su vertido a la instalación general de saneamiento de la urbanización.

Su dimensionamiento depende del sistema de evacuación al que pertenezcan.

Se dimensionan para funcionar a media sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección bajo condiciones de flujo uniforme.

Cuando el tramo considerado sea mixto habrá que convertir el número de UDs de la bajante fecal en superficie equi-

valente de cubierta, para sumarlo posteriormente a la superficie servida por la bajante pluvial con la que coincide y dimensionar el albañal.

Suelen contar con registros de limpieza regularmente repartidos en toda su longitud, para facilitar las labores de desatascado en caso necesario.

Como ya se ha comentado en el apartado de bajantes, también es común utilizar en obra un diámetro común para todos los colectores. Esta opción se contempla en el menú opciones del programa, en la que se puede asignar a todos ellos un diámetro mínimo, para así homogeneizar sus diámetros en el proyecto.

1.3.9.6. Comprobaciones de nudos

Es habitual situar los sifones cerca de las bajantes, para evitar su vaciado y lograr un funcionamiento adecuado en los mismos. Por esta razón, existe la comprobación opcional de distancia máxima de inodoros y botes sifónicos a la bajante en la que descargan.

Las distancias aconsejadas suelen ser:

- Distancia máxima entre inodoro y bajante: 2 metros
- Distancia máx. entre bote sifónico y bajante: 1.5 metros

Si se selecciona esta opción en el menú de opciones, es importante remarcar que el programa realizará dichas comprobaciones, pero no podrá actuar de ninguna manera en el dimensionado. Por tanto, si las distancias son superiores a las permitidas, el dimensionado finalizará con comprobaciones sin cumplir.

1.3.10. Unidades

El programa solicita los datos en una serie de unidades, si bien, internamente utiliza las unidades requeridas por la formulación. Estas son las unidades empleadas:

- Diámetros mm
- Longitud m

1.4. Climatización

1.4.1. Cálculo de cargas térmicas

1.4.1.1. Introducción

Se define como carga térmica todo proceso que cambia la temperatura seca y la humedad relativa del aire de un recinto. Tiene unidades de potencia y es el resultado de la suma de dos valores: la carga sensible y la carga latente.

Se entiende por carga sensible la potencia térmica que produce un aumento de la temperatura seca del aire. Por otro lado, se entiende por carga latente la potencia térmica producida por la introducción de vapor de agua al ambiente.

La carga térmica puede calcularse tanto para refrigeración como para calefacción y siempre se toma el valor más desfavorable dentro de los cálculos. En consecuencia, cuando se calcula la carga térmica de refrigeración, es necesario estimar el día y la hora más desfavorable considerando unas condiciones exteriores e interiores según se definen en los siguientes apartados.

Un valor a tener en cuenta es la utilización de la instalación. En el caso de un colegio, el máximo de carga térmica

puede ser en verano, sin embargo, no es necesario obtener el máximo en agosto ya que el recinto estará desocupado. Otro aspecto importante en el cálculo de cargas térmicas es el caso común de obtener la carga máxima en meses que no son de verano. Este hecho puede darse debido a la orientación de los huecos y a un aislamiento considerable. Sin embargo, se habla comúnmente de cargas de verano y cargas de invierno.

1.4.1.2. Tipos de cargas térmicas

Las cargas térmicas se dividen en cargas interiores y cargas exteriores. Como su nombre indica, son los valores que proceden del interior del local y del exterior.

Además de cargas exteriores e interiores, también existen cargas con inercia térmica. Este término significa que la carga térmica no se produce instantáneamente, sino que se acumula en el interior del recinto. Éste es el caso, por ejemplo, de la radiación que se introduce a través de las ventanas. El aparato de aire acondicionado no debe suministrar potencia para la radiación que atraviesa el cristal, sino para el calor acumulado y posteriormente emitido al recinto.

Observe la tabla siguiente:

Tipo de cargas	Factores	Potencia sensible	Potencia latente	Inercia térmica	Refrigeración	Calefacción
Exteriores	Ventanas y lucernarios exteriores	X		X	X	X
	Puertas exteriores	X			X	X
	Paredes exteriores	X		X	X	X
	Ventilación	X	X		X	X
	Infiltración	X	X			X
Interiores	Ventanas y lucernarios interiores	X			X	X
	Puertas interiores	X			X	X
	Paredes interiores	X		X	X	X
	Ocupación	X	X	X	X	
	Iluminación	X		X	X	
	Otras cargas	X	X		X	

1.4.1.3. Memoria de cálculo

Para el cálculo de cargas térmicas es necesario definir una serie de parámetros que se agrupan en tres tipos:

- **Datos exteriores**

Para realizar el cálculo de la carga térmica hay que seleccionar las condiciones climáticas y la situación geográfica de la obra. Todos estos datos permitirán calcular la radiación solar, la temperatura de bulbo seco y húmedo relativa para cada hora y día del año.

- **Datos de los cerramientos**

Un recinto está delimitado por elementos constructivos, tales como paredes, forjados y huecos. La orientación debe ser definida para el caso de los elementos verticales que estén al exterior. Las paredes pueden definirse por capas o con un cálculo simplificado.

- **Datos de los recintos**

Los recintos se definen con unas condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa. Para el cálculo de refrigeración deben definirse también, cuando sea necesario, la ocupación, la iluminación, la ventilación y la simulación de otras cargas del recinto. Además, la selección del tipo de suelo es necesaria para tener en cuenta la acumulación de calor en el recinto.

1.4.1.3.1. Carga térmica de refrigeración

El cálculo de carga térmica de refrigeración se realiza mediante la simulación de las condiciones exteriores variables con las horas, los días y los meses de un año. La temperatura equivalente a la radiación y a la convección se calcula teniendo en cuenta la radiación solar y el color del cerramiento que va a ser calculado, junto con el coeficiente de convección exterior. Para ello se utiliza el concepto de temperatura sol-aire:

Paredes y forjados exteriores

$$T_{\text{sol_aire}} = T_{\text{seca,ext}} + \frac{\alpha \cdot I_{\text{total}}}{h_{\text{conv,ext}}}$$

$T_{\text{sol_aire}}$: Temperatura sol-aire (°C).

$T_{\text{seca,ext}}$: Temperatura seca exterior (°C).

α : Coeficiente de absorción del cerramiento exterior.

I_{total} : Radiación total que recibe el cerramiento exterior (W/m²).

$h_{\text{conv,ext}}$: Coeficiente de convección exterior del cerramiento exterior (W/m² °C).

Una vez calculada la temperatura sol-aire para cada hora del día, junto con las características del cerramiento y temperatura del recinto, se calcula la carga térmica para cada hora del día.

La carga térmica atraviesa los cerramientos con un desfase y una amortiguación determinada. Por tanto, se dice que las paredes y los forjados tienen inercia térmica. El cálculo se realiza desarrollando la ecuación diferencial de transmisión de calor para cada una de las capas del cerramiento, para lo cual se necesita la conductividad, la densidad y el calor específico.

Los muros en contacto con el terreno son omitidos en el cálculo de refrigeración, dado que producen normalmente una carga favorable.

Huecos exteriores

Se definen como huecos exteriores las puertas, ventanas y lucernarios que están en contacto con el exterior. La carga térmica que recibe cada uno de estos elementos se clasifica en dos tipos: por medio de radiación solar recibida en cada instante del día y la transmisión de calor por diferencia de temperaturas.

La radiación que incide en un hueco se ve afectada por distintos obstáculos, tales como persianas, cortinas, etc. Además, influyen otros edificios o elementos que producen sombras. Para aquel caso en que el elemento se encuentre en sombra, la única radiación que aporta calor al elemento es la radiación difusa.

La energía que se transmite en forma de radiación depende también del tipo de cerramiento del interior del recinto; sin embargo, para simplificar el cálculo, se toma el suelo como el único cerramiento pues es el que más energía acumula.

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = f_{\text{sg}} \cdot S \cdot I_{\text{ui}}$$

f_{sg} : Factor solar global. Se define como el producto de todos los factores solares de los accesorios del hueco.

S : Superficie del hueco (m^2).

I_{ui} : Radiación unitaria con inercia (W/m^2).

Cerramientos interiores

Representan una importancia relativamente pequeña en el cálculo global de la carga térmica. El cálculo no precisa de la radiación, sino de la diferencia de temperatura a ambos lados del cerramiento. En caso de haber un local no climatizado, el cálculo se realiza tomando la temperatura como la media aritmética entre la temperatura del recinto y del exterior.

Cargas internas

Las cargas interiores de un recinto son aquellas fuentes de calor generadas dentro del recinto. Para la definición de éstas deben tenerse en cuenta el horario y el porcentaje respecto del total de cada una ellas.

Las cargas térmicas interiores para el cálculo de refrigeración son las siguientes:

1. Ocupación

Las personas que ocupan un recinto, desde el punto de vista del cálculo, son fuentes de energía transmitida por conducción-convección y también por radiación, produciendo carga térmica sensible y latente. La potencia generada depende del tipo de actividad y de la temperatura del recinto, principalmente. Una aproximación más ajustada podría definir el porcentaje de mujeres y de niños.

La radiación emitida por los ocupantes provoca un calentamiento en los cerramientos, al igual que los huecos descritos anteriormente. Dicha energía provocará una carga térmica con una amortiguación y un desfase, es decir, con inercia.

$$\dot{Q}_{\text{lat}}(i) = n(i) \cdot FC \cdot \dot{Q}_{\text{lat,pers}}$$

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = \dot{Q}_{\text{sen,pers}} \sum_0^{24} K(i) \cdot FC(i) \cdot n(i)$$

n : Número de personas a la hora de cálculo.

FC : Fracción de carga.

$\dot{Q}_{\text{lat,pers}}$: Potencia latente por persona a la temperatura del recinto (W).

$\dot{Q}_{\text{sen,pers}}$: Potencia sensible por persona a la temperatura del recinto (W).

2. Iluminación

La potencia de las luminarias de un recinto incrementa la carga térmica en dicho recinto. Además, según se ha descrito en los huecos y en la ocupación, existe un proceso de acumulación de energía en el recinto que posteriormente se va transmitiendo.

Las luminarias se dividen principalmente en dos tipos: incandescente y fluorescente. En el segundo caso debe tenerse en cuenta la posible incorporación de una reactivancia.

- **Florescente con reactancia**

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = 1.2 \cdot n \cdot \dot{Q}_{\text{sen,lum}} \cdot \sum_0^{24} K_f(i) \cdot FC(i)$$

- **Florescente sin reactancia:**

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = n \cdot \dot{Q}_{\text{sen,lum}} \cdot \sum_0^{24} K_f(i) \cdot FC(i)$$

- **Incandescente:**

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = n \cdot \dot{Q}_{\text{sen,lum}} \cdot \sum_0^{24} K_i(i) \cdot FC(i)$$

$\dot{Q}_{\text{sen,lum}}$: Potencia por luminaria (W).

$K_i(i)$: Coeficiente de inercia para luminarias incandescentes.

$K_f(i)$: Coeficiente de inercia para luminarias fluorescentes.
n: Número de luminarias.

3. Otras cargas

Permite definir a todo elemento que produzca potencia térmica, que no sean personas ni iluminación. Por tanto, habrá un aporte de potencia sensible y otro de potencia latente. No tiene en cuenta inercia ni porcentaje de radiación, por lo cual se considera una carga instantánea.

4. Ventilación

La ventilación en un recinto es fundamental en la mayoría de casos por razones de salubridad. Este hecho repercute en la carga térmica. Además, las legislaciones nacionales exigen un caudal determinado según el tipo de actividad que se lleve a cabo en el recinto.

$$\dot{Q}_{\text{lat}} = 3002400 \cdot \dot{V} \cdot (W_{\text{ext}} - W_{\text{rec}})$$

$$\dot{Q}_{\text{sen}} = 1200 \cdot \dot{V} \cdot (T_{\text{sec,ext}} - T_{\text{sec,rec}})$$

\dot{V} : Caudal de aire exterior para ventilación (m³/s).

W_{ext} : Humedad específica exterior (kg/kg_{gas}).

W_{rec} : Humedad específica del recinto (kg/kg_{gas}).

T_{ext} : Temperatura seca exterior (°C).

T_{rec} : Temperatura seca del recinto (°C).

Una fracción de la carga térmica por ventilación pertenece a las cargas internas. Esta proporción se define como factor de bypass.

Porcentajes de mayoración

Una vez realizado el cálculo de la obra, debe considerarse la carga térmica producida por la propia instalación de climatización. Además, se añade también el porcentaje de seguridad, llamado también porcentaje de mayoración de la obra.

1.4.1.3.2. Carga térmica de calefacción

El dimensionamiento de la calefacción es menos complejo que el cálculo de refrigeración. Solamente se calcula la carga térmica sensible. Además, los cerramientos exteriores no tienen en cuenta la radiación solar con la misma exactitud, pues se utiliza un coeficiente de mayoración para cada orientación.

Paredes y forjados exteriores

El cálculo de los cerramientos exteriores se realiza tomando el coeficiente de transmisión de calor, el área y la superficie del elemento:

$$Q_T = A \cdot K \cdot (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$

Q_T : Calor total a través de un cerramiento sin inercia (W).

A: Área del cerramiento (m²).

K: Coeficiente de transmisión de calor (W/m² °C).

T_{ext} : Temperatura exterior (°C).

A continuación se enumeran los coeficientes en función de la orientación:

Norte	Este	Sur	Oeste
20%	10%	0%	10%

Para cualquier orientación diferente a las definidas se realiza la interpolación pertinente.

Para el caso de los muros bajo rasante, la temperatura de contacto con el terreno se calcula en función de la temperatura exterior:

Temp. Exterior (°C)	<-2	0	3	5	>10
Temp. Terreno (°C)	5	6	7	8	12

Los huecos exteriores se calculan de la misma forma que los cerramientos, ya que se realiza una aproximación en el cálculo de la radiación.

Cerramientos interiores

Los cerramientos interiores se calculan de la misma manera que en refrigeración, es decir, tomando la temperatura del otro recinto, o en su defecto la media aritmética entre el exterior y el recinto que se va a calcular.

Cargas interiores

Para el cálculo de calefacción no se tienen en cuenta la ocupación, ni la iluminación ni las otras cargas. De este modo se produce una posible mayoración.

Ventilación

La carga térmica por ventilación es igual que en el caso de refrigeración, tomando únicamente la carga sensible.

Porcentajes de mayoración

Una vez calculadas las cargas térmicas de calefacción, se añade un suplemento debido a la intermitencia de utilización. Además, también existe el mismo porcentaje de seguridad aplicado en refrigeración.

1.4.2. Cálculo de la instalación

1.4.2.1. Cálculo del sistema de conducción de agua

El cálculo del sistema de tuberías está basado en las ecuaciones de Colebrook, utilizado por la mayoría de proyectistas. El dimensionado se realiza tomando en todos los tramos una velocidad máxima y una pendiente máxima. Con estos dos parámetros es posible seleccionar el diámetro adecuado. Las pérdidas de presión que se calculan se ven afectadas por un parámetro de pérdidas menores.

A partir de una serie de caudales de fancoils y distribución de los mismos, se desea obtener los diámetros adecuados de las conducciones de agua. Una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red de tuberías en un edificio es la velocidad del fluido en los mismos.

Los materiales que se utilizan determinan la rugosidad superficial del tubo con la que se va a encontrar el agua. Una mayor rugosidad del material implica mayores pérdidas en el tramo. A continuación se muestran los valores utilizados de rugosidad absoluta.

Materiales	Valores de rugosidad absoluta (mm)
Acero negro con soldadura	0.18
Acero negro sin soldadura	0.16
Cobre	0.002

Una vez obtenidos los datos de partida, se procede al cálculo de la red, de acuerdo con los tipos de conducciones, diámetros, equipos y caudales demandados. Para ello se detalla la formulación que se indica a continuación.

1.4.2.1.1. Formulación de tuberías

Para resolver los segmentos de la red se calculan las caídas de altura piezométrica para cada uno de los tramos, con la fórmula de Darcy-Weisbach

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

siendo:

h_p : Pérdida de carga (m.c.a.)

L: Longitud resistente de la conducción (m)

Q: Caudal que circula por la conducción (m³/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

D: Diámetro interior de la conducción (m)

El factor de fricción es función del número de Reynolds (Re) representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en la tubería. Cuando las fuerzas viscosas son predominantes (Re con valores bajos), el fluido discurre de forma laminar por la tubería. Cuando las fuerzas de inercia predominan sobre las viscosas (Re con valores elevados), el fluido deja de moverse de una forma ordenada (laminar) y pasa a régimen turbulento, cuyo estudio en forma exacta es prácticamente imposible. Cuando el régimen es laminar, la importancia de la rugosidad es menor, respecto a las pérdidas debidas al propio comportamiento viscoso del fluido, que cuando es régimen turbulento, donde, por el contrario, la influencia de la rugosidad se hace más patente.

La rugosidad relativa (ϵ/D) traduce matemáticamente las imperfecciones de la tubería, en el caso del agua, los valores de transición entre los regímenes laminar y turbulento

para el número de Reynolds se encuentra en la franja de 2000 a 4000, calculándose como:

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

siendo:

V: Velocidad del fluido en la conducción (m/s)

D: Diámetro interior de la conducción (m)

ν : Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

En edificios no se permite el flujo laminar en las conducciones, y para el cálculo de régimen turbulento del factor de fricción se podrá utilizar la fórmula de Colebrook-White:

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

1.4.2.1.2. Cálculo de colectores

Los colectores permiten separar las instalaciones en circuitos primarios y secundarios. El dimensionamiento de los mismos se realiza de la siguiente forma:

1. Se dimensiona sumando los diámetros de las tuberías que conectan al mismo añadiendo una distancia entre conexiones de 5 cm.
2. El diámetro del colector se dimensiona considerando el 70% de la velocidad máxima admisible en tuberías.

1.4.2.2. Cálculo del sistema de conducción de aire

El sistema de conducción de aire está formado por conductos, elementos de difusión y ventiladores de extracción.

Los conductos pueden ser utilizados para impulsar aire, para retornarlo, para tomar aire del exterior o para extraerlo. Todas estas funciones pueden combinarse entre sí para realizar diversos tipos de circuitos.

1.4.2.2.1. Dimensionamiento

El dimensionado de los conductos puede realizarse según dos métodos ampliamente consensuados por los profesionales del sector:

- El método de pérdida de carga constante
- El método de ganancia estática

El método de pérdida de carga constante consiste en dimensionar en primer lugar todos los conductos que abastecen el consumo con mayor pérdida de presión. Para ello se aumenta la sección hasta conseguir una velocidad máxima admisible. Posteriormente se dimensionan el resto de ramificaciones para que la pérdida de presión en el consumo sea lo más parecida posible a la del consumo más desfavorable.

El método de ganancia estática consiste en dimensionar el primer tramo respecto a una velocidad máxima admisible. Posteriormente el resto de tramos deben tener como pérdida de presión estática el equivalente a la recuperación estática. Este hecho se produce al reducir la velocidad y, por tanto, la presión dinámica y aumentar la presión estática para mantener constante la presión total.

Para los dos métodos también existe la posibilidad de dimensionar el tramo final con una velocidad determinada con el fin de evitar ruidos excesivos.

1.4.2.2.2. Cálculo

El cálculo de la pérdida de presión en un tramo recto de conducto es muy parecido al descrito para las tuberías de agua. Se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach y el número de Reynolds del mismo modo. Sin embargo, existen ciertas diferencias que lo dificultan ya que el aire es un fluido compresible y, por tanto, la densidad puede variar. Los materiales que pueden utilizarse se representan en la siguiente tabla:

Materiales	Valores de rugosidad absoluta (mm)
Fibra de vidrio	0.9
Chapa galvanizada	0.1

En primer lugar el diámetro empleado para realizar todos los cálculos de pérdidas es un diámetro equivalente:

$$D_e = \frac{1.30 \cdot (a \cdot b)^{0.625}}{(a+b)^{0.250}}$$

siendo:

D_e : Diámetro equivalente para conductos rectangulares

(mm)

a: Anchura del conducto (mm)

b: Altura del conducto (mm)

Los coeficientes de pérdidas locales se calculan según la unión que haya en cada momento (codos, cambio de sección, bifurcaciones simples, etc.) mediante las tablas que aparecen en ASHRAE Fundamentals Handbook de reconocido prestigio.

$$C = \frac{\Delta p_j}{\rho \cdot V^2 / 2} = \frac{\Delta p_j}{P_v}$$

siendo:

C: Coeficiente de pérdidas locales

Δp_j : Pérdida de presión total (Pa)

ρ : Densidad (kg/m^3)

V: Velocidad (m/s)

P_v : Presión dinámica (Pa)

La ecuación de Darcy-Weisbach puede adaptarse al cálculo de conductos de la siguiente forma:

$$\Delta p = \left(\frac{1000 \cdot f \cdot L}{D_h} + \sum C \right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot V^2}{2} \right)$$

1.5. Gas

El dimensionamiento de la instalación receptora de gas es efectuado según los criterios establecidos en el reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG01 a 11 aprobado por el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio. Según el cual:

“Las instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos (capacidad inferior o igual a 2000 m³) para su consumo en instalaciones receptoras se realizarán conforme a la norma UNE 60250:2004. Asimismo, el diseño, fabricación y evaluación de conformidad de los equipos a presión que formen parte de la instalación de almacenamiento deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión, aplicándose el Reglamento de aparatos a presión para todo lo no contemplado en dicho Decreto.”

Las instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual 5 bar se realizarán conforme a la norma UNE 60670:2005.

En el dimensionamiento son considerados fundamentales los factores siguientes:

1.5.1. Características de las instalaciones receptoras de gas

Las instalaciones receptoras de gas según el tipo de edificio tendrán los siguientes esquemas:

- Edificios de varios abonados:
Acometida > Acometida interior > Conjunto de regulación > Instalación común > Centralización de contadores > Montantes Individuales > Llaves de abonados > Instalación interior > Consumos.

- Edificios de uno o dos abonados máximo (ej.:viviendas unifamiliares y adosadas):
Acometida > Acometida interior > Conjunto de regulación > Montante Individual > Llave de abonado > Instalación interior > Consumos.

En ambos casos la acometida podrá ser desde la red general o desde depósitos enterrados o de superficie.

Sólo existirá acometida interior si la longitud de tubería entre la red general y el conjunto de regulación sea superior a 10 m.

1.5.2. Potencias de los aparatos

El principal condicionante en el funcionamiento de una red de gas es la potencia de los aparatos, que define el consumo de cada uno de los tipos de aparatos.

En viviendas el consumo de cada uno de los tipos de aparatos vendrá en función de la potencia de estos, que es la siguiente:

Tipo de aparato	Potencia (kW)
Cocina con horno	11.60
Placa para encimera	5.80
Calentador 7 l/min (viviendas de hasta dos dormitorios)	16.24
Calentador 11 l/min (viviendas de más de dos y menos de cuatro dormitorios)	25.52
Calentador 13 l/min (viviendas de más de cuatro dormitorios)	30.16
Caldera de calefacción	23.20
Caldera mixta 13 l/min (calefacción y A.C.S.)	30.90

En locales comerciales se podrá utilizar los aparatos anteriormente descritos más otros con consumos genéricos de los cuales existe una biblioteca editable, cuyas potencias son las siguientes:

Tipo de aparato	Potencia (kW)
Cocina industrial con dos quemadores	28.00
Cocina industrial con cuatro quemadores	33.00
Cocina industrial con ocho quemadores	60.00
Freidora pequeña	15.00
Freidora mediana	20.40
Freidora grande	27.00
Plancha	16.00
Parrilla mediana	16.00
Parrilla grande	33.60

1.5.3. Grado de gasificación

El grado de gasificación de las viviendas y de los locales es la previsión de la potencia de diseño de la instalación individual, referida al poder calorífico superior (H_s) del gas, con la que se quiere dotar los mismos. En función de dicha potencia, se establecen tres grados de gasificación:

Grado	Potencia de diseño de la instalación individual (P_i)	
	en kW	En kcal/h
1	$P_i \leq 30$	$P_i \leq 25.800$
2	$30 < P_i \leq 70$	$25.800 < P_i \leq 60.200$
3	$P_i > 70$	$P_i > 60.200$

Para determinar el grado de gasificación de las viviendas y de los locales es la previsión de la potencia de diseño de la instalación individual, referencia al poder calorífico superior H_s del gas, con que se requiere dotar los mismos. En función de dicha potencia, se establecen tres grados de gasificación.

$$P_{iv} = \left(A + B + \frac{C + D + \dots}{2} \right) \cdot 1,10$$

donde,

P_{iv} : Potencia de diseño de la instalación de la vivienda en kW

A y B: Consumos caloríficos (referidos al H_i) de los dos aparatos de mayor consumo en kW

C, D: Consumos caloríficos (referidos al H_i) del resto de aparatos en kW

1,10: Coeficiente corrector medio, función del H_s y del H_i del gas suministrado

H_i : Poder calorífico inferior del gas en kcal/m³

H_s : Poder calorífico superior del gas en kcal/m³

Como mínimo es asignado el grado 1 de gasificación ($P_{iv} = 30$ kW).

En instalaciones de gas para locales destinados a usos no domésticos en los que se instalen aparatos a gas propios para dicho uso, la potencia de diseño de la instalación se determina como la suma de los consumos caloríficos de los aparatos a gas instalados o previstos, o mediante la siguiente expresión:

$$P_{ij} = (A + B + C + D + \dots) \cdot 1,10$$

donde

P_{ij} : Potencia de diseño de la instalación individual del local de uso no doméstico en kW

A, B, C: Consumos caloríficos (referidos al H_i) de los aparatos de consumo en kW

H_i : Poder calorífico inferior del gas en kcal/m³

1.5.4. Criterios de diseño

El cálculo de la instalación receptora es efectuado siempre con gas natural, aunque si la acometida proviene de depósito enterrado o de superficie, éste es calculado para gas propano; esto se aplica por previsión de conexión de la instalación receptora a una acometida a una red general de suministro de gas natural.

Poder calorífico superior	9460 kcal/m ³
Poder calorífico inferior	8514 kcal/m ³
Densidad relativa	0.62

La velocidad máxima del gas en el interior de una tubería es de 20 m/s.

En la conexión de entrada de gas al aparato, la presión mínima del gas según UNE-EN 437 es de 17 mbar.

Coefficiente de mayoración de la longitud para el cálculo de la caída de presión en conducciones es de 1.2.

Caída de presión máxima en un montante individual es de 2.5 mbar.

Caída de presión máxima en la instalación interior es de 0.5 mbar.

Para edificios de varios abonados:

- Presión de salida en el conjunto de regulación es de 50.4 mbar.
- Presión de salida en la centralización de contadores es de 19.3 mbar.

Para edificios de uno o dos abonados máximo (ej.:viviendas unifamiliares y adosadas):

- Presión de salida en el conjunto de regulación es de 19.3 mbar

Depósitos:

- Se considera 2.5 horas de funcionamiento al día del aparato productor de A.C.S.
- Se considera 6 horas de funcionamiento al día del aparato productor de agua para calefacción en zona climática C y se aplican coeficientes de reducción para las demás zonas climáticas:

Zona climática	Coefficientes de reducción
A	0.79
B	0.88
D	1.12
E	1.23

- Para el cálculo de la autonomía se considera que el máximo llenado es del 85% y que se deja un 20% de reserva.
- Coeficiente de transmisión global del acero es de 10.5 kcal/m² h °C.
- Coeficiente para calcular la superficie mojada es de 0.337.
- La temperatura ambiente es la mínima histórica del municipio donde se ubique la instalación para depósitos de superficie e 5 °C para depósitos enterrados.
- La temperatura de ebullición del propano a la presión de tarado del regulador de 1ª etapa es de -20 °C.
- Calor latente de vaporización del propano es de 94.5 kcal/kg.

1.5.5. Formulación

Potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común

$$P_c = \sum P_{iv} \cdot S_n + \sum P_{il}$$

donde

P_C : Potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común en kW

P_{IV} : Potencia de diseño de las instalaciones individuales de las viviendas en kW

P_{II} : Potencia de diseño de las instalaciones individuales de los locales de uso no doméstico en kW

S_n : Factor de simultaneidad.

Número viviendas	S_1	S_2
1	1.00	1.00
2	0.70	0.88
3	0.55	0.79
4	0.46	0.72
5	0.40	0.67
6	0.36	0.63
7	0.33	0.59
8	0.30	0.56
9	0.28	0.54
10	0.26	0.52
11	0.25	0.50
12	0.24	0.48
13	0.23	0.47
14	0.22	0.46
15	0.21	0.45
16	0.21	0.44
17	0.20	0.43
18	0.19	0.42
19	0.19	0.41
20	0.19	0.41
21	0.18	0.40
22	0.18	0.39
23	0.18	0.39
24	0.17	0.38
25	0.17	0.38
26	0.17	0.38
27	0.16	0.37
28	0.16	0.37
29	0.16	0.36
30	0.16	0.36
Más de 30	0.15	0.35

donde

S_1 : Factor de simultaneidad cuando no exista calefacción individual

S_2 : Factor de simultaneidad cuando exista calefacción individual

Los coeficientes S_1 y S_2 se obtienen, de forma general, mediante aplicación de las siguientes fórmulas:

$$S_1 = \frac{(19 + N)}{10 \cdot (N + 1)}$$

$$S_2 = \frac{(19 + N)}{4 \cdot (N + 4)}$$

donde

N es el número de viviendas

Determinación de los caudales de diseño y de los aparatos a gas

- Consumo volumétrico de un aparato a gas:

$$Q_n = \frac{1.10 \cdot P_{AHi}}{H_s}$$

donde

Q_n : Consumo volumétrico del aparato a gas en m³/h

P_{AHi} : Consumo calorífico (referido al H_i) de aparato a gas en kW

H_s : Poder calorífico superior del gas suministrado en kW

1,10: Coeficiente corrector medio, función del H_s y del H_i del gas suministrado

- Caudal de diseño de una instalación individual:

$$Q_{si} = \frac{P_i}{H_s}$$

donde

Q_{si} : Caudal de diseño de la instalación individual en m³/h

P_i : Potencia de diseño de la instalación individual en kW

H_s : Poder calorífico superior del gas suministrado en kcal/m³

- Caudal de diseño de una acometida interior o instalación común.

$$Q_{sc} = \frac{P_C}{H_s}$$

donde

Q_{sc} : Caudal de diseño de la acometida o instalación común en m³/h

P_i : Potencia de diseño de la acometida interior o instalación común en kW
 H_s : Poder calorífico superior del gas suministrado en kcal/m³

Determinación de las caídas de presión

Aplicando la fórmula de Renouard para 0.1 bar < MOP ≤ 5 bar

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \cdot d_r \cdot L_e \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

donde:

P_1 : Presión absoluta inicial del tramo en bar
 P_2 : Presión absoluta final del tramo en bar
 d_r : Densidad relativa del gas
 L_e : Longitud equivalente del tramo correspondiente en m
 Q : Caudal de gas en m³/h
 D : Diámetro interior de la tubería en mm

Aplicando la fórmula de Renouard para MOP ≤ 0.1 bar

$$P_1 - P_2 = 23200 \cdot d_r \cdot L_e \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

donde:

P_1 : Presión absoluta inicial del tramo en mbar
 P_2 : Presión absoluta final del tramo en mbar
 d_r : Densidad relativa del gas
 L_e : Longitud equivalente del tramo correspondiente en m
 Q : Caudal de gas en m³/h.
 D : Diámetro interior de la tubería en mm

Determinación de la velocidad

$$V = 354 \cdot Q \cdot (P_2 + P_{atm})^{-1} \cdot D^{-2}$$

donde:

V : Velocidad en m/s
 P_2 : Presión absoluta final del tramo en bar
 P_{atm} : Presión atmosférica de 1.01325 bar
 Q : Caudal de gas en m³/h.
 D : Diámetro interior de la tubería en mm.

Determinación del depósito

El consumo diario será:

$$C_d = Q_{sc} \cdot h$$

donde:

C_d : Consumo diario en kg/día
 Q_{sc} : Caudal simultáneo común de la instalación en kg/h
 h : Número de horas de funcionamiento al día

Autonomía:

$$A = \frac{C_{disp}}{C_d}$$

donde:

A : Autonomía en días
 C_{disp} : Cantidad disponible en kg/día
 C_d : Consumo diario en kg/día

Vaporización natural:

$$Q_m = \frac{K \cdot S_d \cdot K_1 \cdot (t_a - t_{eb})}{C_v}$$

donde:

Q_m : Caudal de gas en kg/h.
 K : Coeficiente de transmisión global del acero en kcal/m²h°C
 S_d : Superficie del depósito
 K_1 : Coeficiente para calcular la superficie mojada
 t_a : Temperatura ambiente
 t_{eb} : Temperatura de ebullición del propano a la presión de tarado del regulador de 1ª etapa.
 C_v : Calor latente de vaporización del propano.

Válvulas de seguridad:

$$G = 10.6552 \cdot S^{0.82}$$

donde:

G : Caudal de aire en m³(st)/mín a 15°C y presión atmosférica
 S : Superficie del depósito en m²

1.6. Incendio

La exigencia de instalaciones de protección contra incendios son las establecidas, según los usos de cada edificio, en el **Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendio SI 4**. Según el cual:

“El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios” aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.”

En el caso de establecimientos industriales, el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales” aprobado por el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

El diseño de la red de rociadores se efectuará según la norma UNE-EN 12845, de octubre de 2005.

La simbología empleada es la indicada en la norma UNE 23-032-83.

1.6.1. Instalaciones de protección contra incendios

Las instalaciones de protección contra incendios disponibles en el programa son:

- Extintores
- Alumbrado de emergencia y señalización
- Sistemas de columna seca:
 - Toma de alimentación>Columna seca>Boca de salida

- Redes hidráulicas:
 - Sistema de bocas de incendio equipadas: Grupo de presión>Colectores>Ramales>Bies
 - Instalación automática de extinción: Grupo de presión>Colectores>Ramales>Rociadores
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Sistema de detección de monóxido de carbono

1.6.2. Características y criterios de diseño de las instalaciones de protección contra incendios

1.6.2.1. Extintores

Están disponibles las opciones de colocar varios tipos de extintores como los diversos tipos de agentes extintores, pudiendo ser portátiles, automáticos y con carro, y estos últimos con la posibilidad de elegir varios niveles de eficacia.

1.6.2.2. Alumbrado de emergencia

Se podrá seleccionar el flujo luminoso conveniente de acuerdo con la ubicación elegida de las varias luminarias introducidas.

1.6.2.3. Señalización

De forma automática se introduce en el presupuesto la correspondiente señalización de los equipos introducidos que necesiten ser señalados, y se pueden introducir las señales que indican los medios de evacuación. Todas las señales cumplen las dimensiones indicadas en la sección SI 3 del Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendio.

1.6.2.4. Sistemas de columna seca

El sistema de columna seca estará compuesto por toma de agua en fachada o en zona fácilmente accesible al servicio contra incendios, con la indicación de uso exclusivo de los bomberos, provista de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 70 mm con tapa y llave de purga de 25 mm, columna ascendente de tubería de acero galvanizado y diámetro nominal de 80 mm, salidas en las plantas pares hasta la octava y en todas a partir de ésta, provistas de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa; cada cuatro plantas se instalará una llave de seccionamiento por encima de planta correspondiente.

1.6.2.5. Redes hidráulicas

Sistema de bocas de incendio equipadas

Las bocas de incendio equipadas (BIE) pueden ser de los tipos BIE de 45 mm y BIE de 25 mm. Para los usos indicados en el Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendio, el dimensionado es efectuado para la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables a una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de las BIE y un caudal por BIE de 6 m³/h. Para los establecimientos industriales el dimensionado es efectuado para la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las tres BIE hidráulicamente más desfavorables a una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de las BIE y un caudal por BIE de 6 m³/h.

Se utilizan diámetros de tubería fácilmente disponibles en el mercado conciliado con el criterio de tener una instalación lo más homogénea posible, evitando cambios bruscos de secciones en la red, lo que permite una relación óptima entre la funcionalidad y el coste de toda la instalación.

BIE de 25 mm	
Número máximo de BIEs alimentadas	Diámetro (mm)
1 (ramal)	32
4	50
más de 4	63

BIE de 45 mm	
Número máximo de BIEs alimentadas	Diámetro (mm)
1 (ramal)	40
2	50
4	63
más de 4	80

Instalación automática de extinción

La clase de riesgo es función del uso atribuido:

Uso	Clase de riesgo
Administrativo	Ordinario Grupo1 (RO1)
Aparcamiento	Ordinario Grupo2 (RO2)
Comercial	Ordinario Grupo3 (RO3)
Docente	Ordinario Grupo1 (RO1)
Hospitalario	Ordinario Grupo1 (RO1)
Pública concurrencia	Ordinario Grupo3 (RO3)
Residencial público	Ordinario Grupo1 (RO1)
Residencial vivienda	Riesgo Ligero (RL)

Los criterios de diseño para las clases de riesgo consideradas son:

Clase de riesgo	Densidad de diseño mm/mín	Área de operación mm/mín	Factor K nominal
RL	2.25	84	80
RO1	5	72	80
RO2	5	144	80
RO3	5	216	80

La presión mínima en el rociador más desfavorable cuando estén funcionando todos los rociadores del área de operación es función de la clase de riesgo:

Clase de riesgo	Presión mínima (bar)
RL	0.7
RO	0.35

La superficie máxima y separación para rociadores, excepto para rociadores de pared (UNE 23-593-81) es función de la clase de riesgo:

Clase de riesgo	Superficie máxima por rociador (m ²)	Separación máxima entre rociadores (m)	Distancia máxima entre los rociadores y la pared (m)
RL	20	4.6	2.3
RO	12	4	2

En función de la densidad de diseño, área de operación y presión mínima se determina el número de rociadores en actuación simultánea:

Clase de riesgo	Simultaneidad
RL	5
RO1	8
RO2	15
RO3	22

Los criterios de elección de diámetros de tubería son idénticos a los criterios que se utilizan en la red de BIE, se utilizan diámetros fácilmente disponibles en el mercado conciliado con el criterio de tener una instalación lo más homogénea posible, evitando cambios bruscos de secciones en la red, teniendo como base los sistemas precalculados indicados en la norma UNE-EN 12845, lo que permite una relación óptima entre la funcionalidad y el coste de toda la instalación.

Ramales	
Número máximo de rociadores alimentados	Diámetro (mm)
2	25
4	32
más de 4	40

Colectores	
Número máximo de rociadores alimentados	Diámetro (mm)
2	32
4	40
8	50
12	63
18	80
más de 18	100

Cálculo de pérdida de carga en tubería

La pérdida de carga en tubos es determinada usando la siguiente fórmula (de Hazen-Williams):

$$P_p = \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}} \cdot 6.05 \cdot 10^5$$

1.6.2.6. Sistema de detección y alarma de incendios

El programa permite introducir un sistema de detección de incendios formado por central de detección automática de incendios y los respectivos equipos asociados a esta:

- Detector termovelocimétrico, según UNE-EN 54-5
- Detector iónico de humos, según UNE-EN 54-7
- Detector óptico de humos, según UNE-EN 54-12
- Pulsador de alarma con señalización luminosa tipo rearmable y tapa de plástico basculante, según UNE-EN 54-11
- Piloto indicador de acción con led para situación sobre puerta
- Sirena interior con señal óptica y acústica
- Sirena exterior con señal óptica y acústica, según UNE-EN 54-3
- Sistema de detección de monóxido de carbono

El programa permite introducir un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) formado por central modular y detectores, dimensionando la central en función del número de detectores introducidos por el usuario, determinando las zonas de detección de esta.

Zonas de detección	Número máximo de detectores
1	14
2	28
3	42
4	56

1.7. Pararrayos

El dimensionado de la instalación de pararrayos es efectuado según los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación en su exigencia básica SU 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.

1.7.1. Características de la instalación de pararrayos

El sistema de protección contra el rayo, del edificio consta de un sistema externo constituido por el pararrayos y los derivadores o conductores de bajada, un sistema interno constituido por la unión de la estructura metálica del edificio, la instalación metálica, los elementos conductores externos, los circuitos eléctricos y de telecomunicación del espacio a proteger y el sistema externo con conductores de equipotencialidad a la red de tierra o también la utilización de protectores contra sobretensiones, estos dimensionados en el programa de instalaciones eléctricas ubicados en los cuadros de mando y protección y una red de tierra constituido por arquetas para toma de tierra y conexión con la toma de tierra general.

El sistema de protección contra el rayo tendrá el siguiente esquema:

Pararrayos > derivadores o conductores de bajada > conexión de elementos metálicos y antenas de telecomunicación a los conductores de bajada (opcional, pues estos elementos pueden tener red de tierra propia) > arquetas para toma de tierra > conexión con la toma de tierra general.

1.7.2. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio

Se emplean materiales, protecciones, secciones de los conductores y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajustan a las normas en dimensiones y comportamiento, lo que permite una relación óptima entre la funcionalidad y el coste de toda la instalación.

Se calcula toda la instalación de pararrayos a partir de la **geometría, situación, tipo de estructura y de cubierta, contenido y uso del edificio y tipo de terreno** donde se ubica.

Geometría

Con el altura del edificio y el área en planta de éste, se calcula la superficie de captura equivalente del edificio en metros cuadrados (A_e).

La altura condiciona también el número de bajadas necesarias para la descarga a tierra del edificio; en edificios de más de 28 m serán necesarias 2 bajadas.

Situación

Con la descripción de la situación del edificio se calcula el coeficiente C_1 , que es el que relaciona el edificio con el entorno.

	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0.5
Rodeado de edificios más bajos	0.75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Tipo de estructura y de cubierta

Con el tipo de estructura y el tipo de cubierta empleada en la ejecución de la geometría del edificio se calcula el coeficiente C_2 , que es el coeficiente relacionado con el tipo de construcción del edificio.

Cubierta	C_2		
	Metal	Hormigón	Madera
Estructura metálica	0.5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2.5
Estructura de madera	2	2.5	3

Contenido

Al describir el contenido en edificios de uso industrial se calcula el coeficiente C_3 , que depende de si el contenido del edificio se puede considerar inflamable o no.

	C_3
Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Uso del edificio

Con la descripción del uso del edificio se calculan los coeficientes C_4 y C_5 ; C_4 es función directa del uso, y C_5 es función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

	C_4
Edificios no ocupados normalmente	0.5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

	C_5
Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Tipo de terreno

Según el tipo de terreno se determina el número de picas necesarias, que serán ubicadas en las arquetas para toma de tierra del sistema.

Tipo de terreno	Nº de electrodos ^(a)	Nº de electrodos ^(b)
Grava	---	12
Arena densa	---	6
Arena semidensa	2	1
Arena suelta	---	6
Limo	3	---
Arcilla dura	2	1
Arcilla semidura	3	---
Arcilla blanda	3	---
Roca blanda	---	4
Roca dura	---	12

- Si existen 2 bajadas se multiplica por 2 el nº de electrodos necesario
- (a) Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 μm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.
- (b) Electrodo dinámico para red de toma de tierra, de 28 mm de diámetro y 2.5 m de longitud, de larga duración, con efecto condensador.

1.7.3. Formulación

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos (N_e) sea mayor que el riesgo admisible (N_a) y en los edificios cuya altura sea superior a 43 m.

Frecuencia esperada de impactos (N_e)

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$$

siendo

N_g : Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año, km²).

A_e : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m².

C_1 : Coeficiente relacionado con el entorno.

Riesgo admisible (N_a)

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

siendo

C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción.

C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio.

C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio.

C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

Eficiencia

El valor mínimo de la eficiencia (E) de la instalación se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

Nivel de protección

El nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida se adopta en función de la tabla siguiente:

Eficacia requerida	Nivel de protección
$E \geq 0.98$	1
$0.95 \leq E < 0.98$	2
$0.80 \leq E < 0.95$	3
$0 \leq E < 0.80$	4

Volumen protegido mediante pararrayos con dispositivo de cebado

Para pararrayos con dispositivo de cebado, el volumen protegido por cada punta se define de la siguiente forma:

Bajo el plano horizontal situado 5.00 m por debajo de la punta, el volumen protegido es el de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia D y cuyo radio es:

$$R = D + \Delta L$$

siendo

R: el radio de la esfera en metros (m) que define la zona protegida.

D distancia en metros (m) que figura en la tabla siguiente en función del nivel de protección

ΔL distancia en metros (m) en función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs .

Se adoptará:

$\Delta L = \Delta t$ para valores de Δt inferiores o iguales a $60.00 \mu s$

$\Delta L = 60.00$ m para valores de Δt superiores.

1.7.4. Documento de justificación del cumplimiento del DB-SU 8

El documento es generado con la siguiente estructura principal:

- Procedimiento de verificación
 - Cálculo de la frecuencia esperada de impactos (N_e)
 - Cálculo del riesgo admisible (N_a)
 - Verificación
- Descripción de la instalación
 - Nivel de protección
 - Descripción del sistema externo de protección frente al rayo

1.7.5. Planos

Los planos se pueden generar en **Archivo > Imprimir > Planos de la obra**. Se generan los planos de todas las plantas con sus correspondientes leyendas.

1.7.6. Medición y presupuesto

El cálculo de la instalación de pararrayos de edificios de viviendas se complementa con la elaboración automática de la medición y presupuesto de la instalación. Gracias a la conexión con **Generador de precios de CYPE Ingenieros** se elabora el presupuesto de la instalación introducida y calculada. Sólo será posible generar la medición y el presupuesto si usted tiene la licencia correspondiente de **Generador de precios de la construcción**.

Es posible crear la medición y el presupuesto de dos modos diferentes: listados tipo o ficheros de intercambio entre programas de mediciones y presupuestos.

• Listados tipo

Crea directamente desde el programa Pararrayos de CYPECAD MEP, listados tipo de la medición y presupuesto de la instalación de viviendas calculada.

• Listados de intercambio (Arquímedes y FIEBDC-3)

Generar la información de la medición y presupuesto de la instalación calculada, en ficheros de intercambio para poder tratarlos con programas de mediciones y presupuestos. Se generan en el formato que puede leer **Arquímedes** (programa de mediciones, presupuestos, certificaciones y pliegos de condiciones de CYPE Ingenieros) y en el formato estándar FIEBDC-3, para poder importar el presupuesto y medición en cualquier programa de mediciones y presupuestos actual.

1.8. Electricidad

El dimensionado de la instalación eléctrica del edificio es efectuado según los criterios establecidos en el **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)** y sus instrucciones técnicas complementarias **(ITC) BT01 a BT51**, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

1.8.1. Características de las instalaciones eléctricas del edificio

Las instalaciones eléctricas tendrán los siguientes esquemas según el tipo de edificio:

- **Edificios de varios abonados**

Caja general de protección > Línea general de alimentación > Centralización o centralizaciones de contadores > Derivaciones individuales > Cuadros generales de mando y protección > Cargas asociadas a los cuadros.

- **Edificios de uno o dos abonados máximo (ej.:viviendas unifamiliares y adosadas)**

Caja de protección y medida > Derivación o derivaciones individuales > Cuadro o cuadros generales de mando y protección > Cargas asociadas a los cuadros.

1.8.2. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio

Se emplean materiales, protecciones, secciones de los conductores y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajustan a las normas en dimensiones y

comportamiento, lo que permite una relación óptima entre la funcionalidad y el coste de toda la instalación.

1.8.2.1. Caja General de Protección (CGP)

El dimensionado de la CGP se efectuará según los parámetros de la **ITC-BT-13 y GUIA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.**

Es importante realizar una previsión de la potencia total demandada de la instalación, para así seleccionar adecuadamente la CGP de la misma.

Esa demanda determinará el valor de la intensidad del fusible a emplear en la CGP a instalar. El programa hace una previsión de cargas según ITC-BT-10 y GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión; y selecciona este valor de intensidad, que estará comprendido entre 40 y 630 amperios.

Los esquemas eléctricos varían en función del valor de intensidad de la CGP y según la empresa suministradora del municipio donde se ubique la instalación, desde el esquema 1 al 14.

El programa contempla las siguientes limitaciones:

- Para Baleares la empresa suministradora, Gesa Endesa, limita tanto la intensidad del fusible a emplear a 63 A mínimo y 400 A máximo (excepto el de 80 A), como los esquemas permitidos 7 y 9.
- Para Canarias la empresa suministradora, Unelco Endesa, limita tanto la intensidad del fusible a emplear a 100 A mínimo como los esquemas permitidos 7 y 9.
- Para Andalucía la empresa suministradora, Sevillana Endesa, limita tanto la intensidad del fusible a emplear a 100 A mínimo y 400 A máximo, como los esquemas permitidos 7 y 9.

1.8.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM)

El dimensionado de la CPM se efectuará según los parámetros de la **ITC-BT-13** y **GUIA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.**

La CPM es un elemento particular dentro de las instalaciones eléctricas para viviendas. Suele emplearse en el caso de viviendas unifamiliares, ya que en ella se pueden colocar uno o dos contadores como máximo.

1.8.2.3. Línea General de Alimentación (LGA)

La LGA se dimensiona según los parámetros de la **ITC-BT-14** y **GUIA-BT-14. Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación** siempre en sistema trifásico considerando la previsión de cargas mencionada anteriormente y la protección disponible en la CGP.

Es aquella que enlaza la CGP con la centralización de contadores. En el caso de tener instalada una CPM no existirá la LGA.

Los sistemas de instalación permitidos son el superficial, enterrado o en conducto de obra de fábrica dimensionados según la ITC-BT-20 y GUIA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación, UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables, ITC-BT-19 y GUIA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales y ITC-BT-21 y GUIA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

1.8.2.4. Centralización de contadores

La centralización o centralizaciones de contadores que el proyectista ubique en la instalación se dimensionan según los parámetros de la **ITC-BT-16** y **GUIA-BT-16. Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación.**

Además de las limitaciones de geometría impuestas por la Instrucción Técnica Complementaria mencionada, que limitan el número de contadores posibles en cada centralización, están los límites de carga impuestos por la misma ITC para el interruptor general de maniobra que son de un mínimo de 160 A para previsiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.

1.8.2.5. Derivaciones individuales

Las derivaciones individuales se dimensionan según la **ITC-BT-15** y **GUIA-BT-15. Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.**

Son las líneas que conectan los contadores con los cuadros generales de mando y protección de cada unidad de ocupación.

Los sistemas de instalación permitidos son el superficial, enterrado, empotrado o en conducto de obra de fábrica, dimensionados según la UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables, ITC-BT-19 y GUIA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales, ITC-BT-20 y GUIA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación, y ITC-BT-21 y GUIA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

Las derivaciones individuales serán dimensionadas en sistema monofásico, salvo que cuando por motivos de cumplimiento de caída de tensión, presencia de cargas trifásicas a alimentar o sistema de instalación elegido haya que recurrir a sistema trifásico.

En cada estancia se utilizará como mínimo los siguientes puntos de utilización:

1.8.2.6. Cuadros Generales de Mando y Protección (CGMP)

Los CGMP son dimensionados según la **ITC-BT-17 y GUIA-BT-17. Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.**

Es importante la asignación de las áreas como áreas útiles a los CGMP, pues en función de éstas se realizará la provisión de cargas: a mayores áreas, mayores cargas atribuidas a los CGMP.

El programa dispone de tres tipos de CGMP:

- **Cuadro General de Mando y Protección individual**
 - Cuando se asigna a vivienda, el número de circuitos y sus características se realizan según la ITC-BT-25 y GUIA-BT-25. Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.
Es importante que el área asignada al cuadro sea el área útil, ya que, en función de ésta y de la descripción de la unidad de ocupación realizada en el asistente inicial, las exigencias de mecanismos a introducir serán más exactas.

Estancia	Circuito	Mecanismo	Nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	Pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	-- --
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	--
Sala de estar o Salón	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	uno por cada 6 m ² , redondeado al enter o superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	uno por cada 6 m ² , redondeado al enter o superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	--
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	--
Baños	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	-- --
	C ₅	Base 16 A 2p+T	1	--
	C ₈	Toma de calefacción	1	--
Pasillos o distribuidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor/Conmutador 10 A	1 1	uno por cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	--
Cocina	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p+T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p+T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C ₅	Base 16 A 2p+T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo
	C ₈	Toma calefacción	1	--
Terrazas y Vestidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

(1) En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple y, en este caso, se considerará como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización.

(2) Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0.5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina.

La excepción son las tomas de aire acondicionado. Se permiten dos tomas como máximo, considerando el sistema de aire acondicionado por conductos, o sea, centralizado.

- **Mecanismos posibles en vivienda de edificio plurifamiliar:**

- Toma de corriente de uso general, de cocina-horno, de lavadora, de lavavajillas, de termo eléctrico, de baño/aseo o auxiliar de cocina, estanca (en terraza), de secadora, de calefacción, de aire acondicionado, de automatización, gestión de energía y seguridad
- Interruptor unipolar, doble, bipolar, conmutador y cruzamiento
- Punto de luz en techo y en pared
- Luminaria fluorescente
- Aplique para terraza
- Zumbador
- Toma de interfono
- Pulsador
- Toma de televisión y FM
- Toma de teléfono.

- **Mecanismos posibles en vivienda de edificio unifamiliar:**

- Toma de corriente de uso general, de cocina-horno, de lavadora, de lavavajillas, de termo eléctrico, de baño/aseo o auxiliar de cocina, estanca (en terraza), de secadora, de calefacción, de aire acondicionado, de automatización, gestión de energía y seguridad
- Interruptor unipolar, doble, bipolar, conmutador y cruzamiento
- Punto de luz en techo y en pared
- Luminaria fluorescente

- Aplique para terraza
 - Zumbador
 - Toma de interfono
 - Pulsador
 - Toma de televisión y FM
 - Toma de teléfono
 - Iluminación exterior que pueden ser balizas, farolas, proyectores y columnas con luminaria decorativa
 - Motor para puerta de garaje
 - Motor de ascensor
 - Grupo de bombeo
 - Motor de piscina
 - Motor (genérico)
 - Toma de televisión y FM
 - Toma de teléfono
 - Alumbrado de emergencia (si existe garaje).
- Cuando es asignado a local comercial u oficina, el cuadro es dimensionado según las cargas introducidas en el área.

Las cargas que el programa permite son:

- Alumbrado
- Tomas de corriente
- Calefacción eléctrica
- Aire acondicionado
- Ventilación forzada
- Alumbrado de emergencia
- Cierre automatizado
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Sistema de detección de monóxido de carbono
- Bomba de achique

Si no son introducidas cargas se considera sólo el dimensionado de la derivación individual con la carga mínima según ITC-BT-10 y GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión, que es de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1. Un vez más en este caso es importante que el área asignada al cuadro sea el área útil, pues, en función de ésta, se atribuye la carga a la derivación individual.

- **Mecanismos posibles en local comercial:**

- Toma de corriente de uso general, de baño/aseo o auxiliar de cocina, estancia, de calefacción, de aire acondicionado, de automatización, gestión de energía y seguridad; Interruptor unipolar, doble, bipolar, conmutador y cruzamiento
- Punto de luz en techo y en pared
- Luminaria fluorescente
- Zumbador
- Toma de interfono
- Pulsador
- Grupo de bombeo
- Toma de televisión y FM
- Toma de teléfono
- Central de detección automática de incendios
- Central modular de detección automática de monóxido de carbono
- Alumbrado de emergencia.

- **Mecanismos posibles en oficina:**

- Toma de corriente de uso general, de baño/aseo o auxiliar de cocina, estancia, de calefacción, de aire acondicionado, de automatización, gestión de energía y seguridad
- Interruptor unipolar, doble, bipolar, conmutador y cruzamiento

- Punto de luz en techo y en pared
- Luminaria fluorescente
- Zumbador
- Toma de interfono
- Pulsador
- Toma de televisión y FM
- Toma de teléfono
- Central de detección automática de incendios
- Alumbrado de emergencia

- **Cuadro General de Mando y Protección en garaje**

El cuadro es dimensionado según las cargas introducidas en el área.

Las cargas que el programa permite son:

- Alumbrado
- Tomas de corriente cuando existan trasteros
- Ventilación forzada
- Alumbrado de emergencia
- Cierre automatizado
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Sistema de detección de monóxido de carbono
- Bomba de achique

Cuando las cargas introducidas no suponen la carga total mínima establecida en la ITC-BT-10 y GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión, se considera el dimensionado de la derivación individual con la carga mínima de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes con ventilación natural y 20 W por metro cuadrado para los que dispongan de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

- **Mecanismos posibles:**

- Toma de corriente estancia

- Punto de luz en techo y en pared
- Luminaria fluorescente
- Pulsador
- Motor para puerta de garaje
- Central de detección automática de incendios
- Central modular de detección automática de monóxido de carbono
- Alumbrado de emergencia
- Ventilación del garaje.

	Número de plantas servidas por el ascensor sin contar sótanos																	m ² construidos por planta	n.º y equipo ascensor	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Superficie media construida en cada planta en m ²	1020	620	395	270	188	1400	295	233	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	1	ITA 1	
	1570	1080	745	515	331	295	233	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	1	ITA 2	
	↗	1920	1420	1030	745	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	2	ITA 1	
	↗	↗	↗	1570	1025	835	663	515	412	354	295	257	↘	↘	↘	↘	↘	2	ITA 2	
	↗	↗	↗	↗	1400	1130	905	730	609	496	412	342	↘	↘	↘	↘	↘	2	ITA 3	
	↗	↗	↗	↗	↗	1620	1300	1100	880	730	606	514	↘	↘	↘	↘	↘	2	ITA 4	
	↗	↗	↗	↗	↗	↗	2270	1660	1300	980	795	643	531	450	↘	↘	↘	3	ITA 2	
	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1520	1220	1000	810	673	↘	↘	↘	↘	3	ITA 3	
	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1740	1420	1180	980	834	730	625	541	480	3	ITA 4
	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1250	1030	836	642	↘	↘	↘	↘	4	ITA 2
↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1980	1620	1300	1108	↘	↘	↘	↘	4	ITA 3	
↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1650	1340	1180	1030	880	770	4	ITA 4	
↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1780	1520	1330	1180	4	ITA 5	

↗ Equipo excesivo
↘ Equipo insuficiente

• Cuadro General de Mando y Protección de servicios generales

Este cuadro puede servir a una sola instalación o a todas las descritas a continuación.

- Alumbrado de escaleras

La carga atribuida al alumbrado de escaleras es de 15 W por metro cuadrado de zonas comunes según la ITC-BT-10 y GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión.

Esta instalación estará compuesta de dos líneas si se introduce el alumbrado de emergencia.

- Portero electrónico o video portero
- Tomas de corriente
- Ascensor

En función del número de plantas y superficie construida en cada planta se asignará el tipo de ascensor o grupo de ascensores.

Si la distancia entre el cuadro y la carga del ascensor o grupo de ascensores no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva, se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- Grupo de presión

Con la descripción de las unidades de uso en el asistente inicial y el número de plantas, el programa hace una previsión de caudal y presión necesarios para la instalación y con esto atribuye una potencia al grupo.

Si la distancia entre el cuadro y la carga del grupo de presión no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- Recintos de Telecomunicaciones

Según lo estipulado como mínimo en el reglamento de telecomunicaciones, se asigna al cuadro la línea de alimentación al RITU, cuando el edificio tiene hasta tres alturas más planta baja y un máximo de diez viviendas; en el caso contrario se asigna al cuadro las líneas de alimentación al RITI y RITS.

- Trasteros

La carga atribuida a los circuitos de alumbrado y tomas de corriente de trasteros permite dar servicio a 22 trasteros, por lo que cada 22 trasteros se dimensionará un circuito de alumbrado y otro de tomas de corriente.

Si la distancia entre el cuadro y las cargas de los trasteros no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva, se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- Alumbrado exterior (urbanización)

La carga atribuida al alumbrado exterior es de 150 W por punto de alumbrado.

Si la distancia entre el cuadro y las cargas del alumbrado exterior no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva, se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- Motor de piscina

Para una buena limpieza del agua de una piscina, el agua tendrá que recircular en toda su totalidad en un máximo de cuatro horas, con el asistente, al introducir el volumen del agua de la piscina, el programa introduce un motor con la potencia adecuada para hacer esa recirculación.

Si la distancia entre el cuadro y la carga del motor de piscina no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva, se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- Motor (genérico)

Si la distancia entre el cuadro y la carga del motor genérico no permite el dimensionado directo de las líneas de alimentación desde el cuadro por caída de tensión excesiva, se dimensionará una línea de alimentación a un cuadro secundario.

- **Mecanismos posibles:**

- Toma de corriente de uso general
- Interruptor unipolar, doble, bipolar, conmutador y cruzamiento

- Punto de luz en techo y pared
- Luminaria fluorescente
- Toma de interfono
- Pulsador
- Iluminación exterior que pueden ser balizas, farolas, proyectores y columnas con luminaria decorativa
- Motor de ascensor
- Grupo de bombeo
- Motor de piscina
- Motor (genérico)
- Alumbrado de emergencia

1.8.3. Formulación

1.8.3.1. Intensidad de línea

La intensidad de línea que circula por un conductor será función del tipo de carga que alimenta, de manera que se tiene:

- **Carga monofásica:**

$$I_{\text{línea}} = \frac{P}{U_{\text{simple}} \cdot \cos\phi}$$

donde,

$I_{\text{línea}}$: intensidad demandada en los conductores que alimentan a la carga (A).

P: potencia demandada (W).

U_{simple} : tensión entre fase y neutro (230 V).

$\cos\phi$: factor de potencia de la carga.

- **Carga trifásica:**

$$I_{\text{línea}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{compuesta}} \cdot \cos\phi}$$

donde,

$I_{\text{línea}}$: intensidad demandada en los conductores que alimentan a la carga (A).

P: potencia demandada (W).
 $U_{\text{compuesta}}$: tensión entre fases (400 V).
 $\cos\phi$: factor de potencia de la carga.

• Caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión será función del tipo de línea, por lo que se distingue:

Línea monofásica:

$$\Delta U = 2L \cdot I_{\text{línea}} \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi)$$

donde,

ΔU : caída de tensión (V).

L: longitud resistente del tramo (m). Se multiplica por 2, ya que hay que tener en cuenta el tramo de ida más el tramo de vuelta.

R: resistencia del cable en el tramo considerado (Ω).

X: reactancia del cable en el tramo considerado (Ω).

$\cos\phi$: factor de potencia de las cargas aguas abajo del tramo.

$\text{sen}\phi$: factor de potencia reactiva de las cargas aguas abajo del tramo.

Línea trifásica:

$$\Delta U = \sqrt{3} L \cdot I_{\text{línea}} \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi)$$

donde,

ΔU : caída de tensión (V).

L: longitud resistente del tramo (m).

R: resistencia del cable en el tramo considerado (Ω).

X: reactancia del cable en el tramo considerado (Ω).

$\cos\phi$: factor de potencia de las cargas aguas abajo del tramo.

$\text{sen}\phi$: factor de potencia reactiva de las cargas aguas abajo del tramo.

Para secciones inferiores a 120 mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia. No obstante, se ha considerado un incremento adicional de la resistencia para secciones superiores a 120 mm² según se especifica en la siguiente tabla:

Sección	Reactancia (X)
S ≤ 120 mm ²	X
S = 150 mm ²	X * 0.15 · R
S = 185 mm ²	X * 0.20 · R
S = 240 mm ²	X * 0.25 · R

El cálculo de la resistencia del conductor viene dado por la expresión:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

donde,

R: resistencia de la línea (Ω).

ρ : resistividad del conductor (m).

L: longitud del conductor (m).

S: sección del conductor (mm²).

El valor de la resistividad del conductor es función del material aislante del cable y de la temperatura de trabajo considerada. Se ha considerado para el cálculo de la caída de tensión el caso más desfavorable, que corresponde a suponer el conductor trabajando a la temperatura máxima admisible del aislamiento, por lo que los valores serán:

Conductor \ Resistividad	$\rho_{70^\circ\text{C}}$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)	$\rho_{90^\circ\text{C}}$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
Cobre	0.021	0.023

• Intensidad admisible

El dimensionamiento de conductores por criterio térmico obedece a la idea de que, en funcionamiento normal, el conductor no debe superar una temperatura determinada.

Los valores de intensidad admisible son función de la sección, del tipo de aislamiento del cable, así como del tipo de instalación de la línea. Si bien, es necesario corregir los valores obtenidos mediante coeficientes que tienen en cuenta variaciones respecto a condiciones estándar.

A continuación se muestran los tipos de cables empleados en las distintas líneas de la instalación.

• Corrientes de cortocircuito

El programa permite obtener los valores de las corrientes de cortocircuito (I_{cc}) de forma simplificada según el Anexo 3 de la Guía Técnica de Aplicación del REBT 2002.

$$I_{cc} = \frac{0.8U}{R}$$

donde,

$I_{cc,max}$: intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado (A).

U: tensión de alimentación fase neutro (230 V).

R: resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación (Ω) hasta el punto de cortocircuito (en este caso se incluye la línea en análisis, $m\Omega$).

• Toma de tierra

La toma de tierra será calculada siguiendo las prescripciones del Apartado 3 de la GUÍA-BT-26.

• Esquema unifilar

El programa permite obtener un esquema unifilar a partir de la distribución realizada en planta. En el mismo es posible visualizar las distintas protecciones de las líneas y de los cuadros con la simbología correspondiente, así como los resultados sobre las líneas, longitud, caída de tensión, tipo de instalación, diámetro del tubo, etc.

• Proyecto

El proyecto es generado con la siguiente estructura principal:

Memoria descriptiva

Objeto del proyecto

Titular

Emplazamiento de la instalación

Legislación aplicable

Descripción de la instalación

Características de la instalación

Cálculos

Bases de cálculo

Dimensionado

Cálculos de puesta a tierra

Pliegos de condiciones

Calidad de los materiales

Normas de ejecución de las instalaciones

Pruebas reglamentarias

Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

Certificados y documentación

Libro de órdenes

Mediciones y presupuestos *

Planos **

* Se genera la medición y el presupuesto de la instalación como parte integrante del proyecto, pero también se puede generar como listado independiente al proyecto, e incluso como listado de intercambio (Arquímedes y FIEBDC-3).

** En el proyecto sólo se genera el apartado planos como separador, los planos se obtienen aparte en **Archivo>Imprimir>Planos de la obra**.

1.8.4. Mediciones y presupuesto

El cálculo de la instalación eléctrica de edificios de viviendas se complementa con la elaboración automática de la medición y presupuesto de la instalación. Gracias a la conexión con **Generador de precios de CYPE Ingenieros** se elabora el presupuesto de la instalación eléctrica introducida y calculada. Sólo será posible generar la medición y el presupuesto si usted tiene la licencia correspondiente de **Generador de precios de la construcción**.

Es posible crear la medición y el presupuesto de dos modos diferentes: listados tipo o ficheros de intercambio entre programas de mediciones y presupuestos.

• Listados tipo

Crea directamente desde el programa **Electricidad** de **CYPECAD MEP**, listados tipo de la medición y presupuesto de la instalación eléctrica de viviendas calculada. Se generan los listados necesarios para proyectos de electrificación de viviendas de promoción privada o proyectos de electrificación de viviendas para la administración.

• Listados de intercambio (Arquímedes y FIEBDC-3)

Generar la información de la medición y presupuesto de la instalación eléctrica calculada, en ficheros de intercambio para poder tratarlos con programas de mediciones y presupuestos. Se generan en el formato que puede leer Arquímedes (programa de mediciones, presupuestos, certificaciones y pliegos de condiciones de **CYPE Ingenieros**) y en el formato estándar FIEBDC-3, para poder importar el presupuesto y medición en cualquier programa de mediciones y presupuestos actual.

1.8.5. Planos

Los planos se pueden generar en **Archivo > Imprimir > Planos de la obra**, se generan los planos de todas las plantas (sin incluir las áreas introducidas por el usuario para el cálculo de las cargas) con las correspondientes leyendas y el esquema unifilar.

1.8.6. Unidades

El programa solicita los datos en una serie de unidades, si bien internamente utiliza las unidades requeridas por la formulación. Estas son las unidades empleadas:

- Sección: mm²
- Intensidad: A
- Potencia: W
- Longitud: m

1.9. Iluminación

La solapa Iluminación de CYPECAD MEP está orientada a la verificación de cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, que afecta a la iluminación de edificios en varios aspectos recogidos en las siguientes secciones del Código:

- **HE3**
“Eficiencia energética de la instalación de iluminación”
- **SU4**
“Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada”

Estas secciones del CTE establecen los rangos de valores donde deben encontrarse los parámetros que caracterizan las instalaciones de iluminación interior (HE3) y los niveles mínimos de alumbrado normal y de emergencia en zonas de circulación (SU4).

El hecho de que el diseño de una instalación cumpla o no cumpla con las especificaciones del CTE depende tanto de las características del recinto, como de las características y disposición de las luminarias y lámparas utilizadas.

1.9.1. HE3

La sección HE3 del CTE define una serie de parámetros mínimos y máximos que determinarán si una instalación de iluminación es eficiente energéticamente.

Es necesario estudiar estos parámetros e incluir en la memoria una documentación justificativa de su cálculo que contendrá la siguiente información para cada recinto:

- Índice del local utilizado en el cálculo
- Número de puntos considerado

- Factor de mantenimiento previsto
- Iluminancia media mantenida
- Índice de deslumbramiento unificado
- Índice de rendimiento de color
- Eficiencia energética de la instalación
- Potencia de los conjuntos de lámparas utilizados

1.9.1.1. Índice del local (K)

Característico de cada recinto, se obtiene a partir de sus dimensiones mediante la siguiente expresión:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Donde a representa la anchura, b la longitud y h la altura útil.

1.9.1.2. Número de puntos

Puesto que resulta insuficiente estudiar las características de la instalación de iluminación en un solo punto del recinto, se establece un número mínimo al que evaluar en función del índice K del recinto.

K	Número mínimo de puntos para considerar
$K < 1$	4
$2 > K \geq 1$	9
$3 > K \geq 2$	16
$K \geq 3$	25

Obviamente, cuanto mayor sea el número de puntos estudiado, mayor será la fiabilidad del resultado que se obtenga. Por esta razón es recomendable efectuar el cálculo con una herramienta informática que permita realizar el estudio de un número elevado de puntos.

1.9.1.3. Factor de mantenimiento previsto (Fm)

Es un índice que informa sobre la periodicidad de las actividades de mantenimiento del recinto y estado de conservación previstas. Su valor depende de la naturaleza del recinto.

Exactamente, el factor de mantenimiento es el resultado del cociente entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media de la nueva instalación, obtenida bajo la misma condición.

Recinto	Factor de mantenimiento
Zona común interior del edificio	0.8
Garaje	0.6

1.9.1.4. Iluminancia media mantenida (Em)

Referenciada a un plano, conocido como “Plano útil” o “Plano de trabajo”, este parámetro se obtiene promediando el valor de todas las iluminancias contenidas en dicho plano, tanto las que inciden en él directamente, como las que inciden en él tras reflejarse en cualquier pared, techo o suelo del recinto.

Para ello es necesario establecer el valor de los coeficientes de reflexión de las diferentes superficies que cierran el local. La siguiente tabla recoge los valores más estandarizados para dichos coeficientes.

Superficie	Coefficiente de reflexión
Techo	0.7
Paredes	0.5
Suelo	0.2

Las distintas iluminancias que van a estar contenidas en un plano son las correspondientes a cada uno de los puntos considerados en el cálculo, correspondientes a dicho plano. Al tratarse de un valor medio, a medida que aumenta el número de puntos estudiados, lo hace la validez del resultado.

1.9.1.5. Índice de deslumbramiento (UGR)

Mide el grado de molestia o incomodidad de un observador situado en el interior del recinto, como consecuencia del deslumbramiento visual generado por una fuente de luz concreta. El UGR valora cómo destaca la luminancia de la luminaria respecto a la luminancia media mantenida del recinto para una cierta altura y para un cierto rango de ángulos de observación.

A partir del valor obtenido por este índice, se interpreta el grado de deslumbramiento teniendo en cuenta los siguientes rangos:

UGR	
$UGR \leq 10$	Imperceptible
$10 < UGR \leq 19$	Aceptable
$19 < UGR < 31$	Incómodo
$UGR \geq 31$	Intolerable

1.9.1.6. Rendimiento de color (Ra)

Éste es un índice experimental y representa la fidelidad del color que una luminaria produce en una superficie, es decir, evalúa la calidad de la representación cromática de la fuente de luz.

Una luminaria con un índice de rendimiento cromático o de color (Ra) mayor que 90 es una luminaria con excelentes propiedades de representación cromática, mientras que una luminaria con un índice de rendimiento (Ra) menor de 80 ya es una luminaria cuyas propiedades de reproducción cromática son moderadas.

Los valores de este índice son proporcionados por el fabricante de la luminaria.

1.9.1.7. Eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Mide el coste en potencia eléctrica necesario para conseguir en un recinto una iluminancia media mantenida con un tipo y una disposición de luminarias concretas. Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{\text{Potencia} \times 100}{\text{superficie} \times \text{iluminancia}} \left[\frac{W}{m^2} \times 100 \text{ lux} \right]$$

El valor de VEEI es el más relacionado con el ahorro de energía, ya que relaciona la potencia consumida con la iluminación conseguida.

Se establecen unos valores máximos de VEEI. Superar estos máximos significa que se consume demasiada potencia en la obtención de la iluminación y, por lo tanto, que no se consigue el ahorro energético deseado; por lo que se debe replantear el diseño de la instalación.

	VEEI
Administrativo no representación	3.5
Aulas y laboratorios	4.0
Zona común no representación	4.5
Almacenes archivos cocinas	5.0
Aparcamientos	5.0
Espacios deportivos	5.0
Otros no representación	4.5
Administrativo representación	6.0
Grandes almacenes	6.0
Bibliotecas museos	6.0
Zona común viviendas	7.5
Centros comerciales	8.0
Hostelería y restauración	10.0
Tiendas	10.0
Otros representación	10.0

1.9.1.8. Potencias del conjunto de lámparas utilizado (P)

Es la suma de las contribuciones en potencia de cada una de las luminarias utilizadas, así como la de los equipos auxiliares dispuestos en la instalación.

1.9.2. SU4

Esta sección recoge los niveles mínimos de alumbrado normal y de emergencia; sobre todo en zonas de uso común de vehículos y personas, y en escaleras.

Mientras que respecto al alumbrado normal, el CTE se ciñe a los valores mínimos de iluminación, en lo que al alumbrado de emergencia se refiere, los requerimientos del CTE son básicamente los que ya se recogen en el Regla-

mento Electrotécnico de Baja Tensión, dentro de la ICT-BT-28, incluyendo la siguiente consideración: los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos, teniendo en cuenta además el factor de mantenimiento por envejecimiento de la lámpara y suciedad en la luminaria. También recoge algunas características sobre el número y disposición de las luminarias.

Se debe verificar que la instalación de iluminación cumple con todos los aspectos que el CTE exige.

ALUMBRADO NORMAL EN ZONAS DE CIRCULACIÓN

A nivel del suelo, la instalación diseñada debe ser capaz de proporcionar los siguientes niveles de iluminación:

- 75 luxes en rellanos y escaleras
- 50 luxes en zaguanes
- 50 lux en accesos a garajes
- 50 luxes en aparcamientos

ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las luminarias instaladas deben ser suficientes y estar correctamente posicionadas.

- Debe haber:
 - Una luminaria, a menos de 1 m, de cada puerta de salida.
 - Una luminaria, a menos de 1 m, de cada emplazamiento de equipos de seguridad
 - Todas las luminarias que sean necesarias en escaleras, para que todos sus puntos reciban iluminación directa
- Altura mínima de cada una de las luminarias de 2 m por encima del nivel del suelo.

- Además, éstas deben ser capaces de proporcionar los siguientes niveles de iluminación:
 - En vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, una iluminación horizontal en el suelo de 1 lux a lo largo del eje central, y de 0.5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía.
 - Una iluminancia horizontal de 5 lux, en los puntos donde estén situados los equipos de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado.

El **índice de rendimiento cromático mínimo** debe ser de 40.

1.10. Electricidad

El dimensionado de la instalación eléctrica del edificio se realiza según los criterios establecidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

10.1. Criterios de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio

Se emplean materiales, protecciones, secciones de los conductores y otros elementos fácilmente disponibles en el mercado, que se ajustan a las normas en dimensiones y comportamiento, lo que permite una relación óptima entre la funcionalidad y el coste de toda la instalación.

- **Caja general de protección (CGP)**

El dimensionado de la CGP se efectúa según los parámetros de la *ITC-BT-13* y *GUIA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.*

Es importante realizar una previsión de la potencia total demandada de la instalación, para así seleccionar adecuadamente la CGP de la misma.

Esa demanda determinará el valor de la intensidad del fusible que se debe emplear en la CGP que se va a instalar. El programa hace una previsión de cargas según la *ITC-BT-10* y *GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión*; y selecciona este valor de intensidad, que estará comprendido entre 40 y 630 amperios.

- **Concentración de contadores (CC)**

La centralización o centralizaciones de contadores que el proyectista ubique en la instalación se dimensionan según los parámetros de la *ITC-BT-16* y *GUIA-BT-16. Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación.*

Además de las limitaciones de geometría impuestas por la Instrucción Técnica Complementaria mencionada, que limitan el número de contadores posibles en cada centralización, están los límites de carga impuestos por la misma ITC para el interruptor general de maniobra que son de un mínimo de 160 A para previsiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.

- **Caja de protección y medida (CPM)**

El dimensionado de la CPM se efectúa según los parámetros de la *ICT-BT-13* y *GUIA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.*

La CPM es un elemento particular dentro de las instalaciones eléctricas para viviendas. Suele emplearse en el caso de viviendas unifamiliares, ya que en ella se pueden colocar uno o dos contadores como máximo.

- **Cuadros generales de mando y protección (CGMP)**

Los CGMP son dimensionados según la *ITC-BT-17* y *GUIA-BT-17. Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.*

Dependiendo del tipo de edificio, se pueden encontrar los siguientes cuadros:

- Individual

Los cuadros generales de mando y protección individual se encuentran presentes en todas las obras y se utilizan en las instalaciones eléctricas de cada abonado. En el momento de su introducción, se debe indicar la unidad de uso a la que están asignados.

- Cuando se asignan a vivienda, el número de circuitos y sus características se realizan según la *ICT-BT-25* y *GUIA-BT-25. Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.*

- Cuando se asignan a locales comerciales u oficinas, los cuadros se dimensionan según las cargas introducidas en el área.

- En garajes

Los cuadros generales de mando y protección en garajes se encuentran únicamente en edificios donde existe más de un abonado (adosados, plurifamiliares y locales y oficinas) y se introducen para controlar y proteger las instalaciones eléctricas de los garajes del edificio.

El cuadro es dimensionado según las cargas introducidas en el área. Cuando las cargas introducidas no suponen la carga total mínima establecida en la *ICT-BT-10* y *GUIA-BT-10. Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión*, se considera el dimensionado de la derivación individual con la carga mínima de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes con ventilación natural, y 20 W por metro cuadrado para los que dispongan de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

- De servicios generales

Los cuadros generales de mando y protección de servicios generales se encuentran únicamente en edificios donde existe más de un abonado (adosados, plurifamiliares y locales y oficinas) y se introducen para controlar y proteger las instalaciones eléctricas comunes a todos los abonados.

- **Línea general de alimentación (LGA)**

La LGA se dimensiona según los parámetros de la *ITC-BT-14* y *GUIA-BT-14. Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación*, es decir, siempre en sistema trifásico considerando la previsión de cargas mencionada anteriormente y la protección disponible en la CGP.

La LGA es aquella que enlaza la CGP con la concentración de contadores. En el caso de tener instalada una CPM no existirá la LGA.

Los sistemas de instalación permitidos son: superficial, enterrado o en conducto de obra de fábrica dimensionados según la *ITC-BT-20* y *GUIA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación, UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables, ITC-BT-19 y GUIA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales y ITC-BT-21 y GUIA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.*

- **Derivaciones individuales**

Las derivaciones individuales se dimensionan según la *ITC-BT-15* y *GUIA-BT-15. Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.* Son las líneas que conectan los contadores con los cuadros generales de mando y protección de cada unidad de uso.

Los sistemas de instalación permitidos son: superficial, enterrado, empotrado o en conducto de obra de fábrica, dimensionados según la *UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables, ITC-BT-19 y GUIA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales, ITC-BT-20 y GUIA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación, y ITC-BT-21 y GUIA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.*

Las derivaciones individuales son dimensionadas en sistema monofásico, salvo que, por motivos de cumplimiento de caída de tensión, presencia de cargas trifásicas a alimentar o sistema de instalación elegido, haya que recurrir al sistema trifásico.

10.2. Bases de cálculo

10.2.1. Sección de las líneas

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura máxima se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

b) Criterio de la caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

c) Criterio para la intensidad de cortocircuito

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura máxima se especifica en las normas particulares de los cables y es de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

10.2.1.1. Sección por intensidad admisible o calentamiento

En el cálculo de las instalaciones se comprueba que las intensidades de cálculo de las líneas son inferiores a las intensidades máximas admisibles de los conductores según la norma *UNE 20460-5-523*, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

$$I_c < I_z$$

Intensidad de cálculo en servicio monofásico:

$$I_c = \frac{P_c}{U_f \cdot \cos\theta}$$

Intensidad de cálculo en servicio trifásico:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos\theta}$$

Siendo:

I_c : Intensidad de cálculo del circuito, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

P_c : Potencia de cálculo, en W

U_f : Tensión simple, en V

U_l : Tensión compuesta, en VA

$\cos(\theta)$: Factor de potencia

10.2.1.2. Sección por caída de tensión

De acuerdo a las instrucciones *ITC-BT-14*, *ITC-BT-15* y *ITC-BT-19* del *REBT* se verifican las siguientes condiciones.

En las instalaciones de enlace, la caída de tensión no debe superar los siguientes valores:

- a) En el caso de contadores concentrados en un único lugar:
 - Línea general de alimentación: 0.5%
 - Derivaciones individuales: 1.0%
- b) En el caso de contadores concentrados en más de un lugar:
 - Línea general de alimentación: 1.0%
 - Derivaciones individuales: 0.5%

Para cualquier circuito interior de viviendas, la caída de tensión no debe superar el 3% de la tensión nominal. Para el resto de circuitos interiores, la caída de tensión límite es de:

- Circuitos de alumbrado: 3.0%
- Resto de circuitos: 5.0%

Para receptores monofásicos la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos\phi + X \operatorname{sen}\phi)$$

Para receptores trifásicos la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos\phi + X \operatorname{sen}\phi)$$

siendo:

L: Longitud del cable, en m

X: Reactancia del cable, en Ω/km . Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm². A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0.08 Ω/km .

R: Resistencia del cable, en Ω/m . Viene dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{S}$$

siendo:

ρ : Resistividad del material en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S: Sección en mm²

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

$$T = T_0 + (T_{\max} - T_0) \cdot \left(\frac{I_c}{I_z} \right)^2$$

siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en °C

T₀: Temperatura ambiente para el conductor (40°C para cables al aire y 25°C para cables enterrados)

T_{max}: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento (90°C para conductores con aislamientos termoestables y 70°C para conductores con aislamientos termoplásticos, según la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-07).

Con ello la resistividad a la temperatura prevista de servicio del conductor es de:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

para el cobre

$$\alpha = 0.00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{56} \cdot \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

para el aluminio

$$\alpha = 0.00403 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{35} \cdot \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

10.2.1.3. Sección por intensidad de cortocircuito

Se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas, tanto en cabecera ' I_{cc} ' como en pie ' I_{ccp} ', de cada una de las líneas que componen la instalación eléctrica, teniendo en cuenta que la máxima intensidad de cortocircuito se establece para un cortocircuito entre fases, y la mínima intensidad de cortocircuito para un cortocircuito fase-neutro.

Entre Fases:

$$I_{\text{cc}} = \frac{U_f}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{\text{cc}} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

siendo:

U_f: Tensión compuesta, en V

U_f: Tensión simple, en V

Z_t: Impedancia total en el punto de cortocircuito, en mΩ

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito, en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtiene a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red aguas arriba del punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

siendo:

R_t: Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X_t: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

La impedancia total en cabecera se calcula teniendo en cuenta la ubicación del transformador y de la acometida.

En el caso de partir de un transformador se calcula la resistencia y reactancia del transformador aplicando la formulación siguiente:

$$R_{\text{cc,T}} = \frac{E_{R_{\text{cc,T}}} \cdot U_f^2}{S_n}$$

$$X_{\text{cc,T}} = \frac{E_{X_{\text{cc,T}}} \cdot U_f^2}{S_n}$$

siendo:

$R_{cc,T}$: Resistencia de cortocircuito del transformador, en $m\Omega$

$X_{cc,T}$: Reactancia de cortocircuito del transformador, en $m\Omega$

$E_{R_{cc,T}}$: Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

$E_{X_{cc,T}}$: Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

S_n : Potencia aparente del transformador, en kVA

En el caso de introducir la intensidad de cortocircuito en cabecera, se estima la resistencia y reactancia de la acometida aguas arriba que genere la intensidad de cortocircuito indicada.

10.2.2. Cálculo de las protecciones

10.2.2.1. Fusibles

Los fusibles protegen a los conductores frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

I_b : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección, en A. En el caso de los fusibles de tipo gG se toma igual a 1.6 veces la intensidad nominal del fusible.

Frente a cortocircuito se verifica que los fusibles cumplen que:

- a. El poder de corte del fusible " I_{cu} " es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse.

- b. Cualquier intensidad de cortocircuito que puede presentarse se debe interrumpir en un tiempo inferior al que provocaría que el conductor alcanzase su temperatura límite (160°C para cables con aislamiento termo-plásticos y 250°C para cables con aislamientos termo-estables), comprobándose que:

$$I_{cc,5s} > I_f$$

$$I_{cc} > I_f$$

siendo:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

I_f : Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

$I_{cc,5s}$: Intensidad de cortocircuito en el cable durante el tiempo máximo de 5 segundos, en A. Se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

siendo:

S: Sección del conductor, en mm^2

t: Tiempo de duración del cortocircuito, en s

k: Constante que depende del material y aislamiento del conductor

	PVC	XLPE
Cu	115	143
Al	76	94

La longitud máxima de cable protegida por un fusible frente a cortocircuito se calcula como sigue:

$$L_{\max} = \frac{U_f}{I_f \cdot \sqrt{(R_f + R_n)^2 + (X_f + X_n)^2}}$$

siendo:

R_f : Resistencia del conductor de fase, en Ω/km

R_n : Resistencia del conductor de neutro, en Ω/km

X_f : Reactancia del conductor de fase, en Ω/km

X_n : Reactancia del conductor de neutro, en Ω/km

10.2.2.2. Interruptores automáticos

Al igual que los fusibles, los interruptores automáticos protegen frente a sobrecargas y cortocircuito.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

I_b : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección. En este caso, se toma igual a 1.45 veces la intensidad nominal del interruptor automático.

Frente a cortocircuito se verifica que los interruptores automáticos cumplen que:

- El poder de corte del interruptor automático ' I_{cu} ' es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse en cabecera del circuito.
- La intensidad de cortocircuito mínima en pie del circuito es superior a la intensidad de regulación del disparo electromagnético ' I_{mag} ' del interruptor automático según su tipo de curva.

	I_{mag}
Curva B	5 I_n
Curva C	10 I_n
Curva D	20 I_n

- El tiempo de actuación del interruptor automático es inferior al que provocaría daños en el conductor por alcanzarse en el mismo la temperatura máxima admisible según su tipo de aislamiento. Para ello, se comparan los valores permitidos de energía específica pasante ($I^2 \cdot t$) durante la duración del cortocircuito, expresados en $A^2 \cdot s$, del interruptor y del conductor.

Para esta última comprobación se calcula el tiempo máximo en el que la protección debería actuar en caso de producirse el cortocircuito, tanto para la intensidad de cortocircuito máxima en cabecera de línea como para la intensidad de cortocircuito mínima en pie de línea, según la expresión ya reflejada anteriormente:

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{cc}}$$

Los interruptores automáticos cortan en un tiempo inferior a 0.1 s, según la norma *UNE 60898*, por lo que si el tiempo anteriormente calculado estuviera por encima de dicho valor, el disparo del interruptor automático quedaría garantizado para cualquier intensidad de cortocircuito que se produjese a lo largo del cable. En caso contrario, se comprueba la curva $I^2 \cdot t$ del interruptor, de manera que el valor de la energía específica pasante del interruptor sea inferior a la energía específica pasante admisible por el cable.

$$I^2 \cdot t_{\text{interruptor}} \leq I^2 \cdot t_{\text{cable}}$$

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} = k^2 \cdot S^2$$

10.2.2.3. Limitadores de sobretensión

Según *ITC-BT-23*, las instalaciones interiores se deben proteger contra sobretensiones transitorias siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad, es decir, toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos deberá protegerse contra sobretensiones.

Los limitadores de sobretensión serán de clase C (tipo II) en los cuadros y, en el caso de que el edificio disponga de pararrayos, se añadirán limitadores de sobretensión de clase B (tipo I) en la centralización de contadores.

10.2.3. Cálculo de puesta a tierra

10.2.3.1. Diseño del sistema de puesta a tierra

La red de toma de tierra para estructura de hormigón se compone de un cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm.

10.2.3.2. Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales protegen frente a contactos directos e indirectos y deben cumplir los dos requisitos siguientes:

- a. Deben actuar correctamente para el valor de la intensidad calculada por defecto, de manera que la sensibilidad 'S' asignada al diferencial cumpla:

$$S \leq \frac{U_{\text{seg}}}{R_T}$$

siendo:

U_{seg} : Tensión de seguridad, en V. De acuerdo a la instrucción *ITC-BT-18* del reglamento *REBT* la tensión de seguridad es de 24 V para los locales húmedos y viviendas y 50 V para el resto.

R_T : Resistencia de puesta a tierra, en Ω . Este valor debe ser inferior a 37 Ω para edificios con pararrayos y a 15 Ω en edificios sin pararrayos, de acuerdo con *GUIA-BT-26*.

- b. Deben desconectar en un tiempo compatible con el exigido por las curvas de seguridad.

Por otro lado, la sensibilidad del interruptor diferencial debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

1.11. Telecomunicaciones (I.C.T.)

El objetivo del programa es la elaboración de una propuesta de proyecto de infraestructura común de telecomunicaciones (en adelante I.C.T.) de acuerdo con el modelo normalizado descrito en la Orden de 14 de mayo de 2003.

El programa no debe ser entendido únicamente como una herramienta de cálculo que compruebe el cumplimiento del Reglamento I.C.T. en una instalación, sino que ofrece, además, una visión global de la I.C.T. abarcando todas las fases que describen al proyecto, que van desde la definición de los diferentes elementos y componentes necesarios hasta la redacción del propio documento y trazado de planos y esquemas.

El programa, por lo tanto, considera la fase de cálculo como una etapa más de entre las que son necesarias para la consecución de su objetivo final: la redacción del propio proyecto I.C.T.

1.11.1. Consideraciones del diseño

La infraestructura común de telecomunicaciones objeto del programa constará de los elementos necesarios para satisfacer inicialmente los siguientes servicios mínimos:

- Para el servicio de radiodifusión sonora y televisión terrenal: **Captación, adaptación y distribución.**
- Para el servicio de televisión y radiodifusión sonora procedentes de satélite: **Previsión de captación. Distribución y mezcla con las señales anteriores.**
- Para el servicio de telefonía: **Acceso y distribución del servicio telefónico básico.**
- Para el servicio de comunicaciones por cable: **Previsión de acceso y previsión de distribución del servicio de telecomunicaciones por cable.**

El programa actual limita su ámbito de aplicación a inmuebles de pisos, con más de una vivienda, local comercial u oficina, que se acojan al régimen de propiedad horizontal. El programa resuelve la instalación para una o más cabezeras, con posibilidad de varias verticales en cada una de ellas.

Quedan excluidas las viviendas unifamiliares adosadas, aisladas, pareadas o en cualquier otra configuración, aún acogiéndose al régimen de propiedad horizontal.

Se presentan a continuación las configuraciones típicas que el programa puede resolver.

Para los inmuebles de pisos la infraestructura común de telecomunicaciones responderá al siguiente esquema:

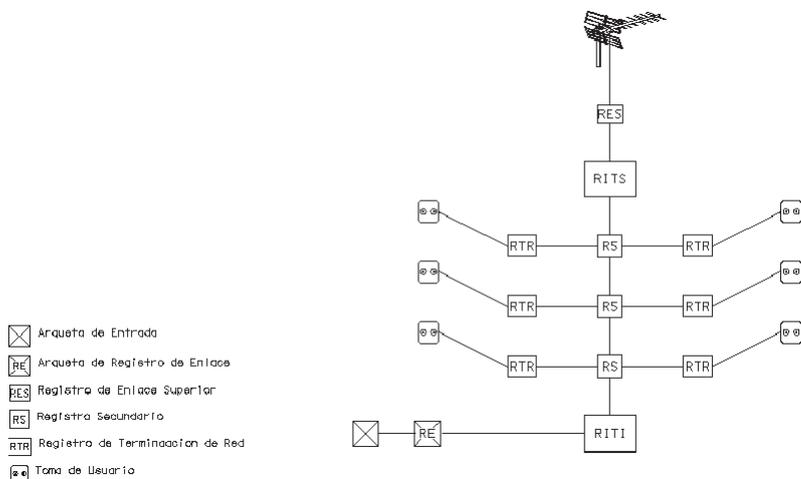


Fig. 1.1

La instalación consta de un Recinto de Telecomunicaciones Superior (RITS), donde se instalarán los elementos de

los servicios de RTV, y de un Recinto de Telecomunicaciones Inferior (RITI), donde se ubicarán los registros principales de los distintos operadores de los servicios de telefonía básica y televisión por cable.

Las redes de alimentación de los distintos operadores de telefonía y televisión por cable se introducen en la I.C.T. por la parte inferior del inmueble a través de la arqueta de entrada, atravesando el punto de entrada general del inmueble (Arqueta de Registro de Enlace) hasta enlazar con el RITI. Por la parte superior del edificio la red de alimentación enlazará con el RITS a través del Registro de Enlace Superior (RES).

La red de distribución tiene como función principal llevar a cada planta del inmueble las señales necesarias para alimentar la red de dispersión. La infraestructura que la soporta está compuesta por la canalización principal, que une los recintos de instalaciones de telecomunicaciones inferior y superior. La red de distribución dispone en cada planta de un Registro Secundario (RS) que contiene el punto de distribución a partir del cual parte la red de dispersión.

La red de dispersión se encarga, dentro de cada planta del inmueble, de llevar las señales de los diferentes servicios de telecomunicación hasta los puntos de acceso a usuario ubicados en los Registros de terminación de red (RTR). La infraestructura que la soporta está formada por la canalización secundaria y registros de paso. La red interior de usuario tiene como función principal distribuir las señales de los diferentes servicios de telecomunicación en el interior de cada vivienda o local, desde los puntos de acceso a usuario hasta las diferentes bases de toma de cada usuario.

La infraestructura que la soporta está formada por la canalización interior de usuario y los registros de terminación de red y de toma.

Es posible definir esquemas más complicados de instalaciones, añadiendo varias verticales de distribución o más cabeceras:

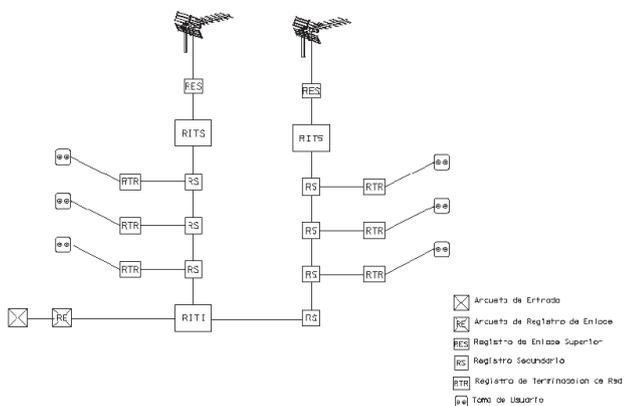


Fig. 1.2

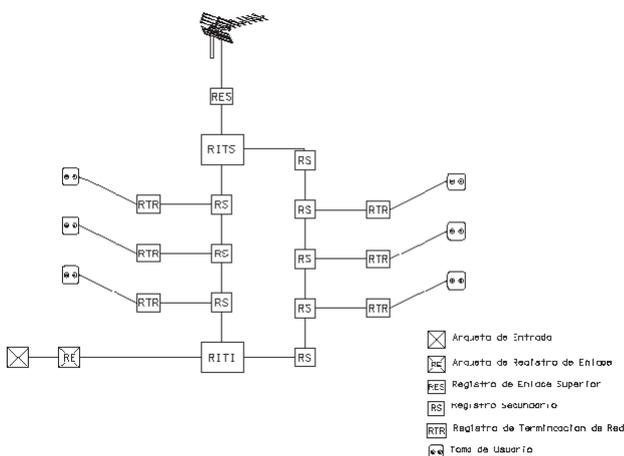


Fig. 1.3

Para los inmuebles de pisos que tengan 10 o menos viviendas, y 3 o menos alturas y planta baja, la infraestructura que soporta el acceso a los servicios de telecomunicación contemplado en la actual legislación responderá al esquema reflejado a continuación.

tura que soporta el acceso a los servicios de telecomunicación contemplado en la actual legislación responderá al esquema reflejado a continuación.

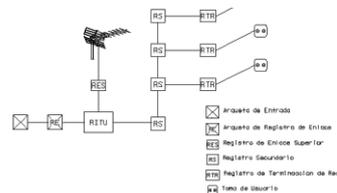


Fig. 1.4

La principal característica es la existencia de un único armario como Recinto de Telecomunicaciones Único (RITU). Las redes de alimentación de los distintos operadores se introducen en la I.C.T. por la parte inferior del inmueble a través de la arqueta de entrada, atravesando el punto de entrada general del inmueble (Arqueta de Registro de Enlace) y, por la parte superior del mismo, a través del Registro de Enlace Superior hasta enlazar con los registros principales situados en el RITU, donde se produce la interconexión con la red de distribución de la I.C.T.

1.11.2. Datos previos del proyecto

El programa pregunta al usuario por una serie de datos y decisiones de proyecto que necesita para completar la redacción de la memoria y para realizar los cálculos y la medición y el presupuesto.

Se exponen brevemente los más significativos:

1.11.2.1. Descripción de las unidades de uso

Se deben describir cuáles son los diferentes tipos de vivienda que existen en el inmueble. Para cada uno de ellos, se especifican el número de viviendas de ese tipo y el número de dormitorios de la vivienda tipo.

El programa estimará el número de estancias necesarias de la vivienda tipo según el siguiente criterio:

Nº de dormitorios	Nº estancias
0 (Estudio)	1
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7

1.11.2.2. Selección del emplazamiento

La ubicación de la obra condiciona una serie de datos y decisiones, que se resumen a continuación:

- El programa determina automáticamente las coordenadas geográficas del emplazamiento, necesarias para la orientación de las antenas.
- El programa incorpora al plan de frecuencias de la I.C.T. las emisiones de televisión terrestre digital que se espera recibir en el emplazamiento del inmueble.
- Según el emplazamiento de la obra es posible particularizar la base de precios empleada en la medición y el presupuesto de la I.C.T.
- La redacción del proyecto se adecuará al emplazamiento seleccionado.

1.11.2.3. Características de la edificación

Se pregunta al usuario por una serie de datos (accesibilidad, topografía y mercado) que influirán en el presupuesto.

1.11.2.4. Datos de proyecto

El usuario debe rellenar una serie de datos del edificio, del promotor y del proyectista para que el programa pueda redactar correctamente la documentación del proyecto.

1.11.3. I.C.T. para captación, adaptación y distribución de señal de radiodifusión sonora y televisión terrenal y por satélite

Se establecen en este apartado las características técnicas e hipótesis de cálculo del programa en lo referente a captación, distribución y mezcla de radiodifusión sonora televisión terrenal con la señal procedente de satélite. Los elementos que componen la I.C.T. son los siguientes:

- Conjunto de elementos de captación de las señales.
- Equipamiento de cabecera.
- Red.

1.11.3.1. Conjunto de elementos de captación de las señales

1.11.3.1.1. Señales de radiodifusión sonora y televisión terrenal

El programa selecciona los programas analógicos a distribuir en la I.C.T. procedentes de entidades habilitadas al amparo de lo dispuesto en:

- El Estatuto de la Radio y la Televisión (TVE-1 y TVE-2)
- La Ley reguladora del tercer canal de televisión (Televisión Autonómicas)
- La Ley de Televisión Privada

El usuario debe seleccionar el canal de emisión de cada uno de los programas analógicos. El nivel de intensidad de campo de cada señal ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$) es estimado de acuerdo al siguiente criterio:

Intensidad de campo ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)			
BI	BIII	BIV	BV
63	70	75	80

El programa también incorpora la **previsión de señal de televisión digital** procedente de entidades habilitadas de acuerdo con lo establecido en:

- Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrenal.
- Plan Técnico Nacional de Televisión Terrenal.
- Plan Técnico Nacional de Televisión Digital Local.

El nivel de recepción previsto por el programa es de $13 + \log_{10}(F)$, siendo F la frecuencia del canal en MHz.

Para Radio FM el nivel es seleccionado es de $70 \text{ dB}\mu/\text{m}$ y para DAB (Radio Digital), $54 \text{ dB}\mu/\text{m}$.

No se realizará conversión de canales, ni en su modulación ni en su frecuencia.

1.11.3.1.2. Elementos de captación de las señales terrenales

Los elementos de captación son aquéllos encargados de recibir las señales de radiodifusión sonora y televisión que proceden de emisiones terrenales y satélite.

El programa considera para cada cabecera los siguientes elementos:

- Una antena BI, en caso que exista señal en la Banda I (c2-c4)
- Una antena BIII, en caso que exista señal en la Banda III (c5-c7)
- Una única antena UHF, tanto para las señales analógicas como digitales.
- Una antena FM.
- Una antena DAB.

Las antenas son seleccionadas automáticamente por el programa y obedecen a las siguientes características técnicas:

BANDA	Descripción	Ganancia (dB)	Carga al viento (N)	
			Presión de 800 (N/m^2)	Presión de 1100 (N/m^2)
FM	Dipolo circular	1	10	14
BI	Antena Yagi de 3 elementos	6	68	94
BIII	Antena Yagi de 5 elementos	9	34	47
DAB	Antena Yagi de 3 elementos	8	36.5	50.2
UHF	Antena de 27 elementos	14	74	102

1.11.3.1.3. Cálculo de los soportes de los elementos de captación

Las antenas son instaladas en un mástil tubular de 3 metros de altura y 2 mm de espesor. El mástil dispone a media altura de un juego de vientos de cable de acero. Las características técnicas del mástil seleccionado se resumen a continuación:

Altura (m)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Momento Resistente (N·m)
3	2	40	375

El programa comprueba que el mástil es capaz de resistir el momento resultante de las fuerzas de presión que el viento ejerce sobre el propio mástil y el conjunto de antenas. El momento se calcula en el punto de arriostamiento del mástil por los vientos, suponiendo que todas las fuerzas de presión se aplican en el extremo superior del mástil, considerándose de esta forma el caso más desfavorable.

La presión de diseño depende de la altura sobre el suelo del forjado de la planta de cubierta, en la que está ubicado el mástil. Si ésta es inferior a 20 m se considerará una velocidad del viento de 130 km/h y una presión de 800 N/m². Si la altura es superior a 20 m, la velocidad del viento será de 150 km/h y la presión de diseño de 1100 N/m².

Para la estimación de la fuerza que el viento ejerce sobre el mástil sólo se considera la parte del mástil por encima del punto de arriostamiento de los vientos.

1.11.3.1.4. Cálculo de los soportes de los elementos de captación

La normativa aplicable no exige la instalación de los equipos necesarios para recibir señal procedente de satélite, aunque sí es obligatorio la previsión de la distribución de al menos dos operadores de dicho servicio. Por ello, se

prevé la instalación de dos antenas parabólicas con orientación adecuada para captar los canales provenientes de los satélites Astra e Hispasat, respectivamente.

Ambos satélites transmiten señales digitales y analógicas moduladas en QPSK-TV y FM-TV.

Orientación de las antenas

La orientación de las antenas quedará definida por los ángulos de acimut (Ac) y elevación (Ei), dados por las siguientes expresiones:

$$Ei = [\arctg(\cos \phi - \varepsilon)] / \text{sen} \phi$$

$$Ac = 180^\circ + \arctg(\text{tg} \delta / \text{sen} \chi)$$

donde,

$$\delta = \beta - \alpha$$

$$\phi = \arccos(\cos \chi \cdot \cos \delta)$$

En las anteriores expresiones,

α : es la longitud de la órbita geoestacionaria del satélite.

β : es la longitud geográfica del emplazamiento de la estación receptora.

χ : es la latitud geográfica del emplazamiento de la estación receptora.

ε : es la relación entre el radio terrestre y la órbita de los satélites geoestacionarios.

Y la distancia entre el satélite y la antena receptora, que se estima mediante la expresión:

$$D(\text{km}) = 35786 \cdot [1 + 0.41999 \cdot (1 - \cos \phi)]^{1/2}$$

Cuando el usuario selecciona el emplazamiento de la obra, el programa, que conoce los datos geográficos del mismo, resuelve las ecuaciones anteriores.

Ganancia mínima necesaria de las antenas parabólicas

La determinación de la ganancia necesaria de las antenas parabólicas se basa en la superación de los valores míni-

mos de la relación portadora-ruido (C/N) en las tomas de usuario. Estos niveles mínimos quedan establecidos en el apartado 4.5 del Anexo I del R.D. 401/2003.

Los valores de la potencia de ruido referida a la salida en la antena (N), para los dos tipos de modulaciones (FM-TV y QPSK-TV) serán:

Modulación	N (W)	N (dBW)
FM-TV	3.228E-14	-134.909
QPSK-TV	4.304E-14	-133.660

La ganancia necesaria de las parabólicas vendrá dada por la expresión:

$$C/N \text{ (dB)} = \text{PIRE (dBW)} + G_a \text{ (dBi)} + \\ + 20 \cdot \log_{10}(\lambda / 4\pi D) - A \text{ (dB)} - N \text{ (dBW)}$$

donde,

PIRE: es la potencia isotropa radiada aparente del satélite (52 dBW para Hispasat y 50 dBW para Astra).

G_a : es la ganancia isotrópica de la antena receptora, incógnita de la ecuación.

$20 \cdot \log_{10}(\lambda / 4\pi D)$: es la atenuación en dB correspondiente al trayecto de propagación entre el satélite y la antena.

λ : es una longitud de onda característica de las señales (0.025 m)

A: es un factor de atenuación debido a los agentes atmosféricos. Su valor se estima como 1.8 dB.

Diámetro mínimo necesario de las antenas

Despejando en la anterior expresión la ganancia de la antena, el diámetro de la misma se calcula mediante la fórmula:

$$S \text{ (m}^2\text{)} = (G_a \lambda^2) / 4 \pi e$$

$$d \text{ (m)} = 2 (S / \pi)^{1/2}$$

donde,

S: es la superficie del reflector parabólico.

G_a : es la ganancia de la antena.

λ (m): es la longitud de onda de trabajo.

e: es el factor de eficiencia de la antena (0.6).

d: es el diámetro del reflector parabólico.

1.11.3.2. Equipamiento de cabecera

Los canales de televisión, tanto analógicos como digitales, son amplificados en cabecera mediante amplificadores monocanales con objeto de evitar la intermodulación entre ellos. Las señales de radio, tanto analógica como digital, serán tratadas mediante amplificadores de banda.

El equipo entrega a la salida de los amplificadores una única señal coaxial de radiodifusión sonora y televisión terrestres amplificada (TERR), que es duplicada en un distribuidor de dos salidas. Cada una de estas dos señales será mezclada, en su momento, con las señales previstas de televisión por satélite. De esta manera, a la salida de la cabecera se obtienen dos salidas coaxiales, TERR + SAT1 y TERR + SAT2, de modo que en cada una de ellas esté presente la señal de radiodifusión sonora y televisión terrestre y una de las dos señales FI de radiodifusión sonora y televisión por satélite.

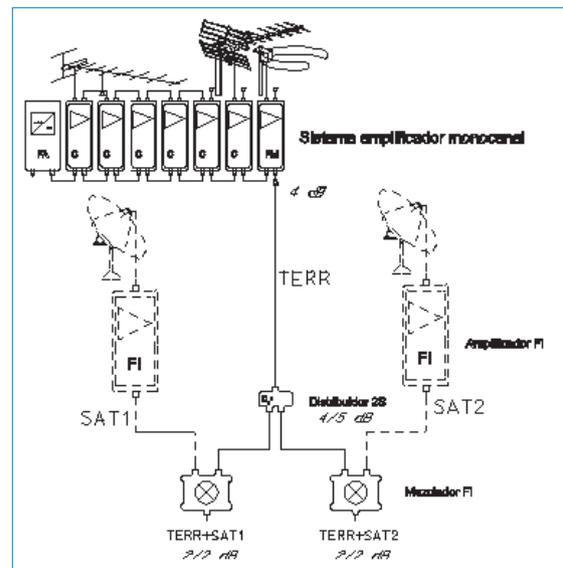


Fig. 1.5. Detalle de la configuración de cabecera

Se resumen a continuación las características técnicas de los diferentes elementos empleados en la cabecera:

	Pérdidas (dB)	
	DISTRIBUIDOR 2S	MEZCLADOR FI
5-862 MHz	4	2
950-2150 MHz	5	2

Las características técnicas de los distintos amplificadores son:

Tipos de amplificadores monocapaes empleados					
Referencia	Ancho de Banda	Ganancia (dB)	Ruido (dB)	Nivel de salida máximo (Vo max)	
				(dB μ V)	IMD3 (dB)
BI	47-88	50	9	124	54
BIII	174-230	50	9	123	54
UHF	470-862	57	9	125	54
UHF TTD	470-862	52	11	121	35

Tipos de amplificadores de banda					
Referencia	Ancho de Banda	Ganancia (dB)	Ruido (dB)	Nivel de salida máximo (Vo max)	
				(dB μ V)	IMD3 (dB)
FM	87.5-108	30	9	114	54
FI	950-2150	50	12.5	124	35
DAB	195-232	45	9	114	35

Las pérdidas asociadas al multiplexado Z de las señales se estiman en 4 dB para todas ellas.

1.11.3.3. Definición de la Red

1.11.3.3.1. Red de distribución

Enlaza el equipo de cabecera con la red de dispersión. Comienza a la salida del dispositivo de mezcla que agrupa las señales procedentes de los diferentes conjuntos de elementos de captación y adaptación de emisiones de

radiodifusión sonora televisión y finaliza en los elementos que permiten la segregación de las señales de la red de dispersión (derivadores).

Para el cálculo del número de verticales se ha seguido el criterio que únicamente pueda existir un único punto de distribución de planta por cada vertical.

En caso que exista más de una vertical en la red de distribución, el programa introduce a la salida de la cabecera dos distribuidores, uno por cada cable coaxial, con el número de salidas necesario para alimentar cada una de las verticales que se hayan introducido.

Si la configuración fuera de una única vertical, no se introducirá este elemento.

Cada registro secundario de planta que acometa a un registro de terminación de red contiene un punto de distribución. El número de salidas del derivador se dimensiona con el número de PAU que acometen al registro secundario. El tipo de derivador (pérdidas de paso y derivación) también es seleccionado por el programa, garantizando el cumplimiento de los niveles de señal mínimos y máximos que exige el Reglamento I.C.T.

Algoritmo de cálculo del tipo de derivador

El algoritmo de cálculo del tipo de derivador necesario en cada registro secundario puede resumirse en los siguientes pasos:

- En primer lugar el programa calcula, para cada toma, las atenuaciones de la red de dispersión y de interior de usuario. Estas pérdidas se suponen constantes a lo largo de todo el proceso.
- El programa también estima las pérdidas en la cabecera, que también permanecen constantes.

- A la salida de cada amplificador monocanal de cabecera se supone un nivel de señal que no supere el mínimo de los siguientes valores:
 - Nivel de señal a la entrada del amplificador + ganancia máxima (especificada por el fabricante).
 - Nivel de salida máximo del amplificador, especificado por el fabricante.
 - Nivel máximo de trabajo, según el reglamento I.C.T. (120 dB μ V para la banda 5-862 MHz y 110 dB μ V para la banda 950-2150 MHz).
- Partiendo de una configuración inicial en la que todos los derivadores están iniciados de modo que tengan máxima pérdida de atenuación y mínima pérdida de paso, se calcula, para cada Registro Secundario de cada vertical, las pérdidas de la red de distribución.
- En cada toma se calcula el nivel de señal existente restando, al de la señal supuesta a la salida de cada amplificador, las pérdidas en la cabecera y en la red, calculando estas últimas como la suma de las pérdidas en la red de distribución, en la red de dispersión y en la de interior.
- Se comprueba que, en cada toma, el nivel de señal sea mayor al nivel mínimo especificado en el Reglamento I.C.T. En caso no sea así se modifica el tipo de derivador del registro secundario al que pertenece la toma, seleccionando un derivador con menores pérdidas de derivación.
- Al cambiar el tipo de derivador en un punto de distribución es necesario el calcular otra vez la vertical pues, además de modificar las pérdidas de derivación en el propio punto de distribución, también varían las pérdidas de paso acumuladas aguas abajo de la red.
- Por lo tanto, cada vez que el nivel de señal en una toma no supere el nivel mínimo exigido se modificará el derivador de planta correspondiente, se recalculará la

red de distribución de la vertical y se comenzará el proceso desde la primera toma con la nueva configuración de derivadores.

El número de salidas de cada derivador se calcula según el total de viviendas, oficinas o locales comerciales que están conectados a ese registro secundario de planta.

Las características de los derivadores empleados son:

DERIVADOR 2-D					
Pérdidas en Derivación (dB)	12	15	18	23	27
Pérdidas de paso (dB) 5-862 MHz	2.5	1.2	1.5	1	1
Pérdidas de paso (dB) 950-2150 MHz	2.6	2	1.5	1.5	0.9
DERIVADOR 4-D					
Pérdidas en Derivación (dB)	12	16	19	24	28
Pérdidas de paso 5-862 (dB) MHz	4.5	2.3	1.5	1.5	1
Pérdidas de paso (dB) 950-2150 MHz	5	3.4	2.5	2	1.5
DERIVADOR 6-D					
Pérdidas en Derivación (dB)	18	20	24		
Pérdidas de paso (dB) 5-862 MHz	3.3	2	1.5		
Pérdidas de paso (dB) 950-2150 MHz	5	4	2.5		
DERIVADOR 8-D					
Pérdidas en Derivación (dB)	18	20	23		
Pérdidas de paso (dB) 5-862 MHz	3.3	2	1.5		
Pérdidas de paso (dB) 950-2150 MHz	5	4	4		

1.11.3.3.2. Red de dispersión

Es la parte de la red que enlaza la red de distribución con la red interior de usuario. Comienza a la salida de los derivadores de los registros secundarios y finaliza en los puntos de acceso al usuario (PAU), a partir del cual comienza la red interior del domicilio del usuario.

El PAU se ubica en el interior del domicilio y permite al usuario seleccionar manualmente una de las dos señales TERR + FI1 y TERR + FI2.

El dimensionamiento del número de salidas distribuidor del PAU se calcula para dar servicio a todas las tomas de TV o a todas las estancias de la vivienda (el valor más crítico).

Los distribuidores implementados en la base de datos del programa tienen las siguientes características:

Distribuidores		
Nº salidas	Pérdidas (dB)	
	5-862 MHz	950-2150 MHz
2	4	5
3	7	9
4	7.5	9.5
5	10	12
6	12	16
7	13	18
8	13	18

1.11.3.3.3. Red interior de usuario

Es la parte de la red que, enlazando con la red de dispersión en el punto de acceso al usuario, permite la distribución de las señales en el interior de los domicilios o locales de los usuarios hasta la toma de usuario.

La toma de usuario es el dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios que esta proporciona. Las características de la toma son las siguientes:

Pérdidas en la toma (dB)	
5-862 MHz	950-2150 MHz
0.6	1.5

El programa comprobará que el número de tomas de televisión en cada vivienda sea mayor o igual al exigido por el Reglamento (una por cada 2 estancias o fracción, con un mínimo de 2). Para el caso de locales y oficinas, el mínimo considerado es de 1 toma.

En toda la red se emplea el mismo cable coaxial con las siguientes pérdidas (dB/m):

Pérdidas cable coaxial			
MHz	(dB/m)	MHz	(dB/m)
200	.09	1750	.27
500	.13	2050	.29
800	.17	2150	.30
1000	.2	2300	.31
1350	.23		

1.11.3.4. Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

Como frecuencias representativas de las señales a distribuir en la banda 5-862 MHz se han considerado las siguientes:

- 97.75 MHz como frecuencia representativa radio FM.
- 209 MHz como frecuencia representativa de radio DAB.
- La frecuencia de la portadora de sonido para las emisiones de TV analógica.
- La frecuencia media del canal para la televisión digital.

Para la banda satélite (950-2150 MHz) se han considerado las siguientes frecuencias: 950, 1550, 1750 y 2150 MHz.

Para las señales de satélite, los cálculos se realizan únicamente para la señal FM-TV, por obtenerse con esta modulación los resultados más restrictivos.

Los cálculos se han realizado para todas las tomas de TV y también las tomas no asignadas.

1.11.3.4.1. Niveles de señal en la toma de usuario en el mejor y peor caso

El programa selecciona el nivel de salida necesario en cada amplificador y calcula la ganancia que necesita, de acuerdo a las siguientes restricciones:

- **Limitaciones del fabricante del amplificador**

Las prestaciones técnicas del amplificador establecen una ganancia y un nivel de salida máximos, que no pueden ser superados.

- **Limitación del nivel máximo de trabajo**

El Reglamento I.C.T. establece que el nivel de señal a la salida del amplificador no podrá superar el valor de 120 dB μ V para la banda de frecuencias 5-862 MHz y 110 dB μ V para la banda 950-2150 MHz.

- **Limitaciones del nivel de señal máximo y mínimo en cada toma**

Al establecer el Reglamento I.C.T., para cada tipo de modulación, los valores máximos y mínimos permitidos en cada toma de usuario, el valor de la señal a la salida del amplificador queda limitado por unos valores máximo (S_{max}) y mínimo (S_{min}) calculados del siguiente modo:

$$S_{max} = STU_{max} + At_{min}$$

$$S_{min} = STU_{min} + At_{max}$$

donde,
 STU_{max} : es el nivel de señal máximo permitido en cada toma por el Reglamento I.C.T.

At_{min} : es la mínima atenuación entre todas las tomas de la cabecera.

STU_{min} : es el nivel de señal mínimo permitido en cada toma por el Reglamento I.C.T.

At_{max} : es la máxima atenuación entre todas las tomas de la cabecera.

1.11.3.4.2. Respuesta Amplitud / Frecuencia en la banda de Red

Para cada una de las tomas y para cada una de las dos bandas 5-862 MHz y 950-2150 MHz se calculará la siguiente expresión:

$$A/f \text{ (dB)} = At_{m\acute{a}xima} - At_{m\acute{i}nima}$$

donde,

A/f : es la respuesta amplitud frecuencia.

$At_{m\acute{a}xima}$: es la atenuación máxima en la toma.

$At_{m\acute{i}nima}$: es la atenuación mínima en la toma.

1.11.3.4.3. Relación portadora/ruido para señales terrenales

La relación portadora/ruido de cualquier señal en la toma de usuario vendrá dado por la expresión:

$$C/N \text{ (dB)} = C(\text{dB}\mu\text{V}) - N(\text{dB}\mu\text{V})$$

donde,

C : es el nivel de portadora a la salida de la antena.

N : es el nivel de ruido referido a la salida de la antena.

Nivel de portadora a la salida de la antena para señales terrenales

El nivel de portadora vendrá calculado para cada señal a partir de la siguiente expresión:

$$C \text{ (dB}\mu\text{V)} = E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} - 20 \cdot \log_{10}(F) + G_a \text{ (dBi)} + 31.54$$

donde,

E : es la intensidad de campo de la señal.

Ga: es ganancia de la antena respecto a la antena isotrópica.
F: es la frecuencia de la señal en MHz.

Potencia de ruido referido a la salida de la antena

El nivel de ruido en la toma de usuario, referido al nivel de ruido a la salida de la antena, vendrá dado por la expresión:

$$N (W) = k \cdot T_o \cdot f_{sis} \cdot B$$

donde,

K: es la constante de Boltzman de valor 1.38×10^{-23} (W/Hz²K).

B: es el ancho de banda considerado ($8 \cdot 10^6$ Hz para TV A/D y radio DAB y $150 \cdot 10^3$ Hz para radio FM).

T_o(K): es la temperatura de operación del sistema ($25^\circ \text{C} = 298 \text{K}$).

f_{sis}: es el factor de ruido del conjunto del sistema.

Para el cálculo del factor de ruido se asumirá que la instalación puede esquematizarse en sucesivas etapas de acuerdo al siguiente modelo:

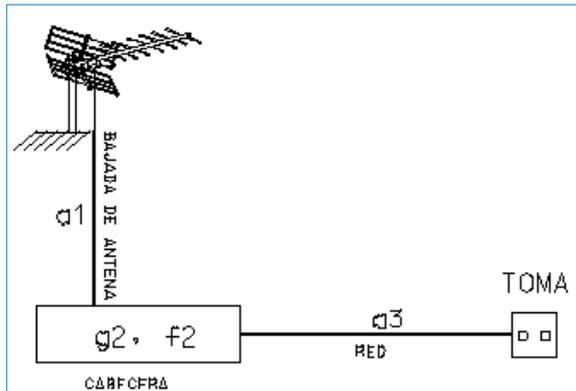


Fig. 1.6.

Modelo de cálculo del factor de ruido en señales terrenales

donde,

a1: es la atenuación tramo antena-amplificador de cabecera.

f2: es el factor de ruido del amplificador de cabecera.
g2: es la ganancia del amplificador de cabecera.
a3: es la atenuación de la red.

1.11.3.4.4. Relación portadora/ruido para señales de satélite

Nivel de portadora a la salida de la antena para señales terrenales

Los niveles de portadora se obtienen, para cada señal, a partir del PIRE del satélite y de la ganancia estimada de la antena parabólica:

$$C \text{ (dBW)} = \text{PIRE (dBW)} + G_a \text{ (dBi)} + 20 \cdot \log_{10}(\lambda / 4\pi D) - A \text{ (dB)}$$

donde,

PIRE: es la potencia isotrópica radiada aparente del satélite (52 dBW para Hispasat y 50 dBW para Astra).

G_a: es la ganancia isotrópica de la antena receptora, incógnita de la ecuación.

$20 \cdot \log_{10}(\lambda / 4\pi D)$: es la atenuación en dB correspondiente al trayecto de propagación entre el satélite y la antena.

λ: en m, es la longitud de onda de la señal.

A: es un factor de atenuación debido a los agentes atmosféricos. Su valor se estima como 1.8 dB.

Potencia de ruido referido a la salida de la antena

El nivel de ruido en la toma de usuario, referido al nivel de ruido a la salida en la antena, viene dado por las expresiones:

$$N (W) = k \cdot T_{sis} \cdot B$$

$$T_{sis} (^{\circ}\text{K}) = T_a + T_o \cdot (f_{sis} - 1)$$

donde,

K: es la constante de Boltzman de valor 1.38×10^{-23} (W/Hz²K)

B: es el ancho de banda considerado ($27 \cdot 10^6$ Hz para FM-TV).

T_{sis} : es la temperatura de ruido del conjunto del sistema.
 T_a : es la temperatura equivalente de ruido de la antena (35 K).
 T_o : es la temperatura de operación del sistema (25° C = 298 K).
 f_{sis} : es el factor de ruido del conjunto del sistema.

El cálculo de f_{sis} se realiza asumiendo el esquema:

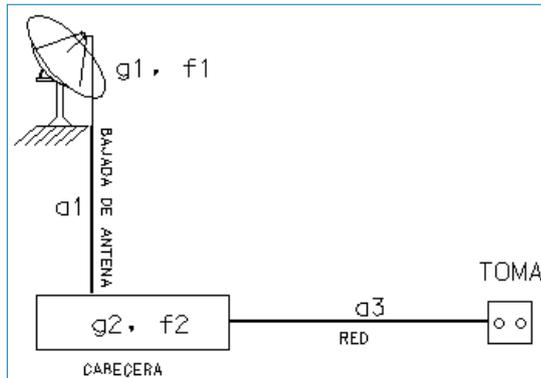


Fig. 1.7. Modelo de cálculo del factor de ruido en satélite

donde,
 a_1 : es la atenuación tramo antena-amplificador de cabecera.
 f_1 : es el ruido del LNB.
 g_1 : es la ganancia del LNB.
 f_2 : es el factor de ruido del amplificador de cabecera.
 g_2 : es la ganancia del amplificador de cabecera.
 a_3 : es la atenuación de la red.

1.11.3.4.5. Intermodulación

Intermodulación simple en la etapa de amplificación de cabecera (señales terrenales)

Para la televisión analógica terrenal se empleará la expresión:

$$C/I = C/I_{\text{ref}} + 2 \cdot (V_{\text{omax}} - S)$$

donde,
 C/I_{ref} : es el nivel de intermodulación simple del amplificador.
 S : es el nivel de señal real a la que se ajusta la salida del amplificador.

V_{omax} : es la salida nominal máxima que permite el amplificador, según el fabricante.

Para la televisión digital terrenal se supondrá válido el mismo modelo.

Intermodulación múltiple en la etapa de amplificación de cabecera (señales satélite)

El análisis de los productos de intermodulación se realiza para el conjunto LNB - amplificador FI.

Para el cálculo del amplificador FI se empleará la expresión:

$$C/I = C/I_{\text{ref}} + 2 \cdot (V_{\text{omax}} - S) - 15 \cdot \log_{10}(n-1)$$

donde,

C/I : es la relación portadora - productos de intermodulación múltiple.

V_{omax} : es el nivel máximo de salida del amplificador especificado por el fabricante.

C/I_{ref} : son es el valor de referencia para el que se especifica V_{omax} .

S : es el valor de la señal de portadora a la salida del amplificador.

n : es el número de canales (se suponen 40)

Para la etapa del conversor LNB, se supondrá que el valor de intermodulación de esta etapa es igual a la del amplificador FI.

1.11.3.4.6. Cálculo de las atenuaciones

Redes dispersión e Interior de usuario

La expresión mediante la que se calcula la atenuación en la red de dispersión e interior de usuario es, para cada toma de usuario:

$$At_{\text{dispersión}} + interior = At_{\text{Toma de Usuario}} + At_{\text{cable}} \cdot L_{\text{red}} + At_{\text{PAU}} + repartidor$$

donde:

At_{cable} : es la pérdida por unidad de longitud en los cables coaxiales de las redes de dispersión y de interior.

L_{red} : es la longitud de cable coaxial de las redes de dispersión y de interior, es decir, desde la salida de cada derivador hasta cada toma de usuario. Se tiene en cuenta un desnivel adicional de 2,2 m para cada toma.

$At_{PAU + repartidor}$: son las pérdidas del PAU y su repartidor.

$At_{Toma de Usuario}$: son las pérdidas de la toma.

Cabecera y Red de distribución

La expresión mediante la que se calcula la atenuación en cada punto de distribución es:

$$At_{cabecera + distribución} = At_z + At_{mezclador} + At_{cable} \cdot L_{red} + At_{distribuidor} + At_{derivadores anteriores} + At_{derivador}$$

donde,

At_z : son las pérdidas debidas a la multiplexación Z en la cabecera (4 dB para la banda 5-862 MHz).

$At_{mezclador}$: son las pérdidas debidas a la mezcla de las señales terrestres con las señales de satélite.

At_{cable} : son las pérdidas por unidad de longitud en los cables de la red de distribución.

L_{red} : es longitud de cable coaxiales de la red de distribución, desde la salida de la cabecera hasta cada derivador en los puntos de distribución.

' $At_{distribuidor}$ ' son las pérdidas del distribuidor a la salida de la cabecera (sólo para el caso de varias verticales).

' $At_{derivadores anteriores}$ ' son las pérdidas de inserción de los derivadores anteriores.

' $At_{derivador}$ ' son las pérdidas de derivación del derivador del punto de distribución.

Red de bajada de antena

La expresión mediante la que se calcula la atenuación en la red de bajada de antena es:

$$At_{bajada de antena (dB)} = At_{cable} \cdot L_{red} + At_z$$

donde,

At_{cable} : son las pérdidas por unidad de longitud en el cable que baja desde la antena hasta la cabecera.

L_{red} : es longitud del cable coaxial.

At_z : son las pérdidas debidas a la conexión Z a la entrada de cada amplificador (se toman 3dB para la banda 5-862 MHz).

1.11.4. Infraestructura común de telecomunicaciones para la distribución de telefonía básica

Se resumen a continuación las hipótesis de cálculo asumidas por el programa para permitir el acceso de telefonía disponible al público.

1.11.4.1. Definición de la red

1.11.4.1.1. Red de distribución

La determinación del número de verticales de la red de distribución se realiza de manera que cada vertical disponga en cada planta de un único punto de distribución.

Cada vertical es dimensionada de manera independiente, seleccionando el cable multipar normalizado que le corresponde.

El dimensionamiento de la red de distribución se realiza según se especifica en el Reglamento ICT. Se resumen a continuación los pasos más significativos:

- Para cada vertical se realiza una previsión de la demanda a largo plazo del inmueble. Para determinar el número de líneas necesarias, se considerarán 2 líneas por vivienda y 3 líneas para cada local comercial y oficina.
- La cifra prevista se multiplicará por 1.4, lo que asegura una ocupación máxima del 70% de la red, para prever posibles averías o una desviación por exceso de la demanda de líneas.
- Obtenido el número teórico de pares se utilizará el cable normalizado de capacidad igual o superior a dicho valor, de acuerdo al criterio de la siguiente tabla:

Nº de pares	Nº de cables	Tipo de cable
25-50	1	50 p.
51-75	1	75 p.
76-100	1	100 p.
101-125	2	100 p. + 25 p.
126-150	2	100 p. + 50 p.
151-175	2	100 p. + 75 p.
176-200	2	2 x 100 p.
201-225	3	2 x 100 p. + 25 p.
226-250	3	2 x 100 p. + 50 p.
251-275	3	2 x 100 p. + 75 p.
276-300	3	3 x 100 p.

Para el caso que la vertical disponga de menos de 25 pares, la distribución se realizará con cables de acometida de 2 pares.

1.11.4.1.1. Redes de dispersión e interior de usuario

La red de dispersión estará formada por cables de 1 y/o dos pares que cubran la demanda prevista.

La red interior de usuario está materializada por cables de 1 par.

El número mínimo de tomas considerado para cada vivienda es de una por cada dos estancias o fracción, con un mínimo de una. Para locales y oficinas, el mínimo exigido es de una.

1.11.4.2. Dimensionamiento del punto de interconexión y de distribución

En el punto de interconexión, en el registro principal, las regletas de salida serán de 10 pares cada una. Su número se estima en capacidad suficiente para conectar todos los pares de los cables multipares de cada vertical.

En los puntos de distribución, en los registros secundarios de planta, las regletas pueden ser de 5 o 10 pares. Para el dimensionado se sigue el criterio de tener capacidad por exceso para conectar todos los pares de la demanda prevista en esa planta (2 pares por vivienda y 3 por local u oficina).

1.11.4.3. Criterio de asignación de pares

Para dotar de mayor flexibilidad a la instalación, la asignación de los pares de reserva se ha realizado de modo que, comenzando desde el punto de distribución de la planta superior y continuando en sentido descendente, se vayan rellenando las posiciones de entrada libres en las regletas del registro, constituyendo así pares de reserva de la planta.

Después de conectar los pares de reserva a las regletas de los registros secundarios, los pares sueltos del mazo, si hubieren, se asignarán como pares libres.

1.11.5. Cálculo de infraestructura

Se definen y dimensionan las canalizaciones, registros, arquetas y recintos de telecomunicaciones que constituyen la infraestructura donde se alojarán los cables y equipamiento necesarios para permitir el acceso de los usuarios a los diferentes servicios de telecomunicaciones.

1.11.5.1. Consideraciones del esquema general del edificio

La infraestructura la componen las siguientes partes:

- Arqueta de entrada y canalización externa.
- Canalizaciones de enlace y registros de enlace.
- Recintos de instalaciones de telecomunicación
- Registros principales

- Canalización principal y registros secundarios.
- Canalización secundaria, registros de paso y registros de terminación de red
- Canalización interior de usuario, registros de paso y registros de toma.

1.11.5.2. Arqueta de entrada y canalización externa

Permiten el acceso de los servicios de Telefonía Básica y de Telecomunicaciones por cable al inmueble. La arqueta es el punto de convergencia de las redes de alimentación de los operadores de estos servicios cuyos cables, y hasta el límite interior del edificio, se alojarán en los correspondientes tubos que conforman la canalización externa.

La arqueta de entrada tiene unas dimensiones interiores mínimas determinadas por el número de PAU del inmueble, según la siguiente tabla:

Nº PAU	longitud x anchura x profundidad (mm)
< 21	400 x 400 x 600
21 – 100	600 x 600 x 800
> 100	800 x 700 x 820

La canalización externa se define como aquella que enlaza la arqueta de entrada con el Punto de Entrada General al inmueble. El programa supone que el Punto de Entrada General queda contenido en el registro o arqueta de enlace inferior.

La canalización externa se dimensiona mediante tubos de 63 mm de diámetro, en número y utilización según la siguiente tabla:

Nº PAU	Nº tubos	Utilización de los conductos
< 5	3	1 TB+RDSI, 1 TLCA, 1 reserva
5 – 20	4	1 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva
21 – 40	5	2 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva
> 40	6	3 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva

La canalización exterior es subterránea, ejecutada en zanja con los tubos embebidos en un prisma de hormigón en masa.

1.11.5.3. Registros de enlace y canalización de enlace

1.11.5.3.1. Entrada inferior (Servicios de TB+RDSI y TLCA)

La canalización de enlace inferior es la que soporta los cables de las redes de alimentación desde el registro de enlace asociado al punto de entrada general, hasta el recinto de instalaciones de telecomunicación correspondiente.

La canalización de enlace inferior está constituida mediante tubos, todos ellos de igual diámetro y en mismo número que en la canalización externa. Puede discurrir enterrada o superficialmente.

El programa identifica como canalización enterrada los tramos que unen una arqueta de registro de enlace con:

- Arqueta o registro de enlace inferior.
- Recinto de Telecomunicaciones (RITI o RITU)

Por otra parte, considera como canalización superficial los tramos que enlazan un registro de enlace inferior con:

- Arqueta o registro de enlace inferior.
- Recinto de Telecomunicaciones (RITI o RITU)

En el anterior criterio debe tenerse en cuenta que el programa recorre todos tramos partiendo siempre desde la arqueta de entrada.

Cuando la canalización es enterrada, se dimensiona como una prolongación de la canalización externa (tubos de 63 mm de diámetro). Si la canalización es superficial, el diámetro de los tubos se calcula en función del número de pares de cable de la red de distribución, de acuerdo con la siguiente tabla:

Nº de pares	Diámetro del tubo (mm)
< 251	40
251 – 525	50
526 – 800	63

El programa genera un mensaje de aviso cuando los tramos de canalización superan los 50 m de longitud (en caso de ser enterrada) o los 30 m (canalizaciones superficiales). Para estos casos es necesario intercalar registros o arquetas de enlace.

Los registros de enlace inferior son armarios monobloc de 450 × 450 × 120 mm (longitud × anchura × profundidad), con cuerpo y puerta de poliéster reforzado con fibra de vidrio. A su vez, las arquetas de registro en la canalización de enlace inferior se definen todas con unas dimensiones interiores de 400 × 400 × 400 mm (longitud × anchura × profundidad).

1.11.5.3.2. Entrada superior (Servicios con redes de alimentación radioeléctricas)

La canalización de enlace superior es la que soporta los cables que van desde los sistemas de captación hasta el RITS o RITU.

El programa distingue dos tramos:

- Desde los elementos de captación hasta el Punto de Entrada General Superior al inmueble, que se supondrá contenido en el primer registro de enlace superior que el programa encuentre partiendo desde la antena. Los cables, en este caso, irán sin protección entubada.
- A partir del Punto de Entrada General y hasta el recinto de telecomunicaciones estarán constituidas por 4 conductos de plástico reforzado (pared lisa) de 40 mm de diámetro.

Los registros de enlace superior estarán constituidos por armarios 360 × 360 × 120 mm, con cuerpo y puerta de plancha de acero.

El programa generará mensajes de aviso si detecta tramos de canalización de enlace superior de más de 30 m de longitud, apuntando la necesidad de introducir registros para cumplir con el Reglamento I.C.T.

1.11.5.4. Recintos de instalaciones de telecomunicaciones

El programa admite un único Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior (RITI) entendiéndose que, más de un RITI, exige proyectos I.C.T. independientes. Si embargo, sí es posible introducir más de un RITS (varias cabeceras).

También es posible la sustitución del RITI y del RITS por un recinto único (RITU) que integre las funciones de los anteriores.

1.11.5.4.1. Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior (RITI)

Es el local donde se instalan los registros principales de telefonía equipados con las regletas de salida del inmueble. En él se reservan dos huecos, uno por operador, de 500 × 1000 × 500 mm (longitud × anchura × fondo) para los distintos Operadores de los servicios de telecomunicación de telefonía básica (TB+RDSI) y de telecomunicación de banda ancha (TLCA).

Sus dimensiones dependen del Nº de PAU del inmueble:

Nº de PAU	Altura x Anchura x Profundidad (mm)
< 21	En armario de 2000 x 1000 x 500
21 - 30	En armario de 2000 x 1500 x 500
31 – 45	En armario de 2000 x 2000 x 500
> 45	En cuarto de 2300 x 2000 x 2000

El RITI es dotado con los siguientes equipos:

- Acometida eléctrica desde el cuadro de servicios generales del inmueble.
- Cuadro de protección con regletero para la conexión del cable de puesta a tierra dotado de:
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte general (230/400 Vca, 25 A, 6 kA).
 - 1 interruptor diferencial de corte omnipolar (230/400 Vca, 25 A, 30 mA).
 Resistencia a cortocircuito de hasta 6 kA con fusible previo.
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para alumbrado (230/400 Vca, 10 A , 6 kA).
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para bases de enchufe (230/400 Vca, 16 A , 6 kA).
- 1 interruptor monopolar.
- 2 bases de enchufe de 16 A de capacidad.
- Toma de tierra formada por un anillo cerrado interior de cobre, de 25 mm² de sección, unido a la toma de tierra del edificio.
- Punto de luz en el techo con portalámparas y lámpara de 60 W y bloque de emergencia.
- Placa de identificación de 200 × 200 mm.

Además, para el caso de RITI en cuarto, se instalará un grupo extractor de aire tipo estándar y conducto de ventilación.

La ubicación del RITI está limitada en el programa a la planta baja y al sótano, de acuerdo con el apartado 5.5.3 del Anexo IV del Reglamento ICT.

1.11.5.4.2. Recinto de Instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS)

Es el local donde se instalarán los elementos necesarios para el suministro de los servicios de RTV, tanto terrenal

como por vía satélite, y en él se reservan dos huecos, uno por operador, de 300 × 1000 × 500 mm (longitud × anchura × fondo) para los distintos Operadores de los servicios de TB+RDSI y TLCA cuyas redes de alimentación sean radioeléctricas.

Sus dimensiones son función del número de PAU del inmueble:

Nº de PAU	Altura x Anchura x Profundidad (mm)
< 21	En armario de 2000 x 1000 x 500
21 - 30	En armario de 2000 x 1500 x 500
31 – 45	En armario de 2000 x 2000 x 500
> 45	En cuarto de 2300 x 2000 x 2000

El RITS es dotado con los siguientes equipos:

- Acometida eléctrica desde el cuadro de servicios generales del inmueble.
- Cuadro de protección con regletero para la conexión del cable de puesta a tierra dotado de:
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte general (230/400 Vca, 25 A, 6 kA).
 - 1 interruptor diferencial de corte omnipolar (230/400 Vca, 25 A, 30 mA).
 Resistencia a cortocircuito de hasta 6 kA con fusible previo.
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para alumbrado (230/400 Vca, 10 A , 6 kA).
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para bases de enchufe (230/400 Vca, 16 A , 6 kA).
 - 1 interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para equipos de cabecera (230/400 Vca, 16 A , 6 kA).
- 1 interruptor monopolar.
- 4 bases de enchufe de 16 A de capacidad.
- Toma de tierra formada por un anillo cerrado interior de cobre, de 25 mm² de sección, unido a la toma de tierra del edificio.

- Punto de luz en el techo con portalámparas y lámpara de 60 W y bloque de emergencia.
- Placa de identificación de 200 × 200 mm.

1.11.5.4.3. Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Único (RITU)

En este recinto se instalan tanto los registros principales de telefonía como los elementos necesarios para el suministro de los servicios de RTV tanto terrenal como por vía satélite y se reservará espacio para los distintos Operadores de los servicios de telecomunicación.

El programa sólo permite la ubicación del recinto en la planta baja o en el sótano y siempre en edificios de hasta 10 PAU y un máximo de 3 plantas (entendiendo como tales aquéllas en las que exista un punto de distribución) además de la planta baja.

Las dimensiones del RITU son 2300 × 2000 × 2000 mm (altura x anchura x profundidad).

1.11.5.5. Registros principales

Son armarios (en el caso de telefonía) o huecos previstos (caso de telecomunicaciones por cable) en los Recintos de Telecomunicaciones para instalar tanto los regleteros de entrada y salida como los equipos de los operadores.

Para telefonía se instalará una caja de dimensiones interiores mínimas 400 × 400 × 400 mm (longitud × anchura × profundidad).

Para los servicios de TLCA y SAFI no se instala ninguna infraestructura, y se prevé espacio suficiente en el recinto de telecomunicaciones para la ubicación de la caja soporte del equipamiento del punto de interconexión entre la red de alimentación y la de distribución del inmueble.

1.11.5.6. Canalización principal y registros secundarios

La canalización principal es la que soporta la red de distribución de la ICT del edificio. Une los recintos de telecomunicaciones con los registros secundarios de cada planta.

En el caso de acceso radioeléctrico de servicios distintos de los de radiodifusión sonora y televisión, la canalización principal tiene como misión añadida la de hacer posible el traslado de las señales desde el RITS hasta el RITI, y para este cometido no es necesaria la instalación de ningún tipo de canalización adicional.

El dimensionado de las canalizaciones principales se realiza asumiendo que cada tramo de canalización contiene una única vertical de distribución. Puede suceder un mismo tramo de red pertenezca a verticales diferentes. En este caso, el programa dimensionará una canalización diferente para cada una de ellas.

La canalización principal está formada por tubos de plástico de pared lisa de 50 mm de diámetro. El número de tubos en cada vertical se calcula del modo siguiente:

Nº PAU de la red	Nº de tubos y utilización
< 13	5 (1 de RTV, 1 TB + RDSI, 2 TLCA + SAFI, 1 de Reserva)
13 – 20	6 (1 de RTV, 1 TB + RDSI, 2 TLCA + SAFI, 2 de Reserva)
21 – 30	7 (1 de RTV, 1 TB + RDSI, 3 TLCA + SAFI, 2 de Reserva)
> 30	<p>Cálculo específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 tubo de RTV. - 2 tubos de TB + RDSI. - 1 tubo de TLCA + SAFI cada 10 PAU o fracción. - 1 tubo de reserva cada 15 PAU.

Los registros secundarios son armarios con cuerpo y puerta de plancha de acero lacado. El programa distingue entre registros secundarios que contienen un punto de distribución y registros secundarios para paso de canalizaciones.

Un registro secundario es considerado de paso cuando no está conectado con algún registro de terminación de red. En este caso, se dimensiona con unas medidas interiores mínimas de 450 × 450 × 150 mm (longitud × anchura × profundidad).

Los registros secundarios que contienen un punto de distribución son dimensionados siguiendo el apartado 5.8 del Anexo IV del Reglamento I.C.T.

Las arquetas de registro secundario para paso en canalización principal tiene unas dimensiones interiores de 400 × 400 × 400 mm (longitud × anchura × profundidad).

1.11.5.7. Canalización secundaria, registros de paso y registros de terminación de red

La canalización secundaria es la que soporta la red de dispersión. Conecta los registros secundarios con los registros de terminación de red en el interior de las viviendas, pudiéndose disponer de registros de paso intermedios si éstos fueran necesarios.

El programa dimensionará cada tramo de canalización según el número de PAU aguas abajo del mismo:

- Si existe más de un PAU aguas abajo, la canalización se dimensiona con 4 tubos (1 de RTV, 1 TB + RDSI, 1 TLCA + SAFI, 1 Reserva), todos ellos con un diámetro definido en la siguiente tabla:

Nº PAU (aguas abajo del tramo)	Diámetro (mm)
1	25
2	25
3-5	32
6-8	40

Los registros de paso son, en este caso, de Tipo A, con unas dimensiones interiores mínimas de 360 × 360 × 120 mm (longitud × anchura × profundidad).

- Si existe un único PAU aguas abajo del tramo, el programa interpreta que se trata de una canalización de acceso a una vivienda, dimensionándose en este caso sólo con 3 tubos de 25 mm (1 de RTV, 1 TB + RDSI, 1 TLCA + SAFI).

Los registros de paso en este caso son de Tipo B, con unas dimensiones interiores de 100 × 100 × 40 mm (longitud × anchura × profundidad).

El programa generará un mensaje de aviso cuando detecte algún tramo de canalización secundaria de más de 15 m de longitud.

En los registros de terminación de red se alojan los puntos de acceso a usuario (PAU) de los distintos servicios. Este punto se emplea para separar la red comunitaria y la privada de cada usuario.

Los registros de terminación de red están formados por una caja empotrada metálica de 300 × 500 × 60 mm (longitud × anchura × profundidad) que integra los servicios de TB + RDSI, RTV y TLCA + SAFI.

1.11.5.8. Canalización interior de usuario, registros de paso y registros de toma

La canalización interior de usuario es la que soporta la red interior de usuario. Está realizada por tubos corrugados de material plástico que discurren empotrados por el interior de la vivienda desde los registros de terminación de red hasta los distintos registros de toma.

El diámetro de los tubos será de 20 mm. El número de tubos depende del número y tipo de tomas aguas abajo del tramo, según el siguiente criterio:

- 1 tubo por cada 3 tomas de RTV o fracción.
- 1 tubo por cada 6 tomas de TF o fracción.
- 1 tubo por cada 3 tomas no asignadas o fracción.

Los registros de paso se dimensionan como registros de Tipo C, con unas dimensiones mínimas de 100 × 160 × 40 mm (longitud × anchura × profundidad), cuando exista alguna toma de televisión o una toma no asignada aguas abajo del registro. En caso contrario, cuando las tomas aguas abajo sean exclusivamente de teléfono, se consideran de Tipo B.

Las tomas de usuario son cajas empotradas en la pared donde se alojan las bases de acceso terminal (BAT), o tomas de usuario. Tienen unas medidas interiores mínimas de 64 × 64 × 42 mm (longitud × anchura × profundidad).