



Projecte:

PROJECTE DE MILLORES DEL POLIESPORTIU MUNICIPAL.

Titular:

EXC. AJUNTAMENT DE LA RÀPITA

Situació:

Avinguda Doctor Torné núm. 31

Poliesportiu Municipal

43540 – La Ràpita

Exp.:

2502620

Document:

2 – MEMÒRIA DE CÀLCUL

1. MEMÒRIA DE CàLCUL	3
2.- CàLCULS INSTAL·LACIONS	4
2.1- Instal·lacions elèctriques	5
2.2- Instal·lacions fontaneria	18
2.3- Instal·lacions sanejament	23
2.4- Instal·lacions ventilació	28
2.5- Xarxa de Bies	39

1. MEMÒRIA DE CàLCUL

Els càlculs s'han realitzant mitjançant el programa informàtic **CYPE. Arquitectura, Enginyeria i Construcció**, versió 2025.f, amb llicència nº152300, amb el software **dmeLECT** amb llicència 043862/00 i revisió 2025 a favor del tècnic que subscriu el present projecte, amb el software **TeKton3D** versió 1.7.74.8, i amb el software **DIALux 4.13.0.2**, propietat de l'empresa ENATE Enginyeria SLP.

Amposta , 25 d'agost del 2025

ENATE ENGINYERIA S.L.P

C.I.F. B-43.945.658
C/ Sebastià Joan Arbó, 76 baixos
43870-Amposta
Tel. 977 700/384 / Fax 977 707 313

L'enginyer tècnic industrial: Rafel Cornet Torta

2.- CÀLCULS INSTAL·LACIONS

2.1- Instal·lacions elèctriques

ANEXO CALCULO INSTALACION ELECTRICA

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos\varphi$ = Coseno de φ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0)(I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

Barras Blindadas = 85°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{\max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\varnothing = P/\sqrt{P^2 + Q^2}.$$

$$\text{tg}\varnothing = Q/P.$$

$$Q_c = P(\text{tg}\varnothing_1 - \text{tg}\varnothing_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

$\emptyset 1$ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.
 $\emptyset 2$ = Angulo de desfase que se quiere conseguir.
 U = Tensión compuesta (V).
 $\omega = 2\pi f$; $f = 50$ Hz.
 C = Capacidad condensadores (F); $cx1000000(\mu F)$.

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = ct \cdot U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = ct \cdot U / 2 (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = ct \cdot U / \sqrt{3} (2/3 \cdot Z_Q + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

$R_t: R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$X_t: X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

I_{k3} : Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

I_{k2} : Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

I_{k1} : Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct : Coeficiente de tensión. (Condiciones generales de cc según I_{kmax} o I_{kmin}), UNE_EN 60909.

U : Tensión F-F.

Z_Q : Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. S_{cc} (MVA) Potencia cc AT.

$$Z_Q = ct \cdot U^2 / S_{cc} \quad X_Q = 0.995 Z_Q \quad R_Q = 0.1 X_Q \quad \text{UNE_EN 60909}$$

Z_T : Impedancia de cc del Transformador. S_n (KVA) Potencia nominal Trafo, $u_{cc}\%$ e $u_{rcc}\%$ Tensiones cc Trafo.

$$Z_T = (u_{cc}\%/100) (U^2 / S_n) \quad R_T = (u_{rcc}\%/100) (U^2 / S_n) \quad X_T = (Z_T^2 - R_T^2)^{1/2}$$

Z_L, Z_N, Z_{PE} : Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho \cdot L / S \cdot n$$

$$X = X_u \cdot L / n$$

R : Resistencia de la línea.

X : Reactancia de la línea.

L : Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (I_{kmax} se evalúa a 20°C, I_{kmin} a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S : Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n : nº de conductores por fase.

* Curvas válidas. (Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 I_n
CURVA C	IMAG = 10 I_n
CURVA D	IMAG = 20 I_n

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L : Separación entre apoyos (cm)

d : Separación entre pletinas (cm)

n : nº de pletinas por fase

W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (\sqrt{t_{cc}})$$

Siendo,

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

Icccs: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas Lmáx

$$L_{\text{máx}} = 0.8 \cdot U \cdot S \cdot k_1 / (1.5 \cdot \rho_{20} \cdot (1+m) \cdot I_a \cdot k_2)$$

Lmáx = Longitud máxima (m), para protección de personas por corte de la alimentación con dispositivos de corriente máxima.

U = Tensión (V), Uff/√3 en sistemas TN e IT con neutro distribuido, Uff en IT con neutro NO distribuido.

S: Sección (mm²), Sfase en sistemas TN e IT con neutro NO distribuido, Sneutro en sistemas IT con neutro distribuido.

k1 = Coeficiente por efecto inductivo en las líneas, 1 S<120mm², 0.9 S=120mm², 0.85 S=150mm², 0.8 S=185mm², 0.75 S>=240mm².

ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.017241 ohmiosxmm²/m

Al = 0.028264 ohmiosxmm²/m

m = Sfase/Sneutro sistema TN_C, Sfase/Sprotección sistema TN_S, Sneutro/Sprotección sistema IT neutro distribuido, Sfase/Sprotección sistema IT neutro NO distribuido.

I_a: Fusibles, I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5sg.

Interruptores automáticos, I_{mag} (A):

CURVA B IMAG = 5 I_n

CURVA C IMAG = 10 I_n

CURVA D IMAG = 20 I_n

k2 = 1 sistemas TN, 2 sistemas IT.

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0.8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0.8\rho)$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L_c: Longitud total del conductor (m)

L_p: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

- **Càlcul elèctrics**

En aquest apartat només s'ha tingut en compte els nous elements a instal·lar i circuits, com son ventilacions, recuperadors, i grups incendis i sala del mateix, ja que la resta son adaptacions dels propis circuits existents, es a dir es bàsicament es subsisteixen les lluminàries existents per altres amb una potencia inferior a la que hi havia, en conseqüència els circuits existents serà més que suficients per al seu funcionament.

DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN TT

- Potencia total instalada:

Extrac. lavabos P1	125 W
Recuperador Ves. 1	8000 W
Reucperador Ves. 2	8000 W
Aportacio Despat P1	250 W
Extraccio Despat P1	250 W
Subq Grup incendis	10203 W
TOTAL....	26828 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 153
- Potencia Instalada Fuerza (W): 26675
- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 0.83: 36214.74
- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 1: 43647.68

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 125
- Potencia Fase S (W): 500
- Potencia Fase T (W): 203

Cálculo de la DERIVACIÓN INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 40 m; Cos φ_R : 0.84; Cos φ_S : 0.83; Cos φ_T : 0.84; Xu(mΩ/m): 0;
- Coeficiente de simultaneidad: R = 0.8; S = 1; T = 1;
- Potencias: P(w): 28173.15 Q(var): 18456.58
- Intensidades fasores: IR = 34.17-22.06i; IS = -48.72-23.84i; IT = 2.47+50.88i; IN = -12.08+4.98i
- Intensidades valor eficaz: IR = 40.67; IS = 54.24; IT = 50.94; IN = 13.07

Calentamiento:

Intensidad(A)_S: 59.12

Se eligen conductores Unipolares 4x25mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 96 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 75 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 36.67; S = 45.75; T = 43.3; N = 26.2

e(parcial):

Simple: RN = 0.66 V, 0.29%; SN = 1.41 V, 0.61%; TN = 1.58 V, 0.68%;

Compuesta: RS = 2.19 V, 0.55%; ST = 2.25 V, 0.56%; TR = 1.89 V, 0.47%;

e(total):

Simple: RN = 0.66 V, 0.29%; SN = 1.41 V, 0.61%; **TN = 1.58 V, 0.68%;**

Compuesta: RS = 2.19 V, 0.55%; ST = 2.25 V, 0.56%; TR = 1.89 V, 0.47%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

Cálculo de la Línea: Ventilació

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Potencias: $P(w)$: 176.55 $Q(var)$: 0
- Intensidades fasores: $I_R = 0.76$; $I_S = 0$; $I_T = 0$; $I_N = 0.76$
- Intensidades valor eficaz: $I_R = 0.76$; $I_S = 0$; $I_T = 0$; $I_N = 0.76$

Calentamiento:

Intensidad(A) R : 0.96

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 mm^2 Cu$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a $40^\circ C$ ($F_c=1$) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ C$): $R = 40.04$; $S = 40$; $T = 40$; $N = 40.04$

$e(\text{parcial})$: $R_N = 0$ V, 0%;

$e(\text{total})$: **$R_N = 0.67$ V, 0.29%**;

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Extrac. lavabos P1

- Potencia nominal: 125 W
- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0; r : 0.71
- Potencias: $P(w)$: 176.55 $Q(var)$: 0
- Intensidades fasores: $I_R = 0.76$; $I_S = 0$; $I_T = 0$; $I_N = 0.76$
- Intensidades valor eficaz: $I_R = 0.76$; $I_S = 0$; $I_T = 0$; $I_N = 0.76$

Calentamiento:

Intensidad(A) R : 0.96

Se eligen conductores Bipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 mm^2 Cu$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a $40^\circ C$ ($F_c=1$) 25 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm^2 .

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ C$): $R = 40.05$; $S = 40$; $T = 40$; $N = 40.05$

$e(\text{parcial})$: $R_N = 0.34$ V, 0.15%;

$e(\text{total})$: **$R_N = 1.01$ V, 0.44% ADMIS (6.5% MAX.)**;

Elemento de Maniobra:

Det.Movimiento In: 16 A.

Cálculo de la Línea: Ventilació vestidor

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi_R$: 0.84; $\cos \varphi_S$: 0.84; $\cos \varphi_T$: 0.84; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Coeficiente de simultaneidad: $R = 1$; $S = 1$; $T = 1$;

- Potencias: P(w): 17940.09 Q(var): 11387.11
- Intensidades fasores: IR = 25.89-16.44i; IS = -27.18-14.21i; IT = 1.29+30.64i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 30.67; IS = 30.67; IT = 30.67; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A) R: 34.5

Se eligen conductores Unipolares 4x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 44 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 64.29; S = 64.29; T = 64.29; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 0.03 V, 0.01%; SN = 0.03 V, 0.01%; TN = 0.03 V, 0.01%;

Compuesta: RS = 0.05 V, 0.01%; ST = 0.05 V, 0.01%; TR = 0.05 V, 0.01%;

e(total):

Simple: RN = 0.69 V, 0.3%; SN = 1.44 V, 0.62%; **TN = 1.61 V, 0.7%;**

Compuesta: RS = 2.23 V, 0.56%; ST = 2.3 V, 0.57%; TR = 1.94 V, 0.48%;

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Recuperador Ves. 1

- Potencia nominal: 8000 W
- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 50 m; Cos φ: 0.84; Xu(mΩ/m): 0; r: 0.89

- Potencias: P(w): 8970.05 Q(var): 5693.56
- Intensidades fasores: IR = 12.95-8.22i; IS = -13.59-7.1i; IT = 0.64+15.32i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 15.34; IS = 15.34; IT = 15.34; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A) R: 19.17

Se eligen conductores Tetrapolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 60.41; S = 60.41; T = 60.41; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 5.14 V, 2.23%; SN = 5.13 V, 2.22%; TN = 5.14 V, 2.23%;

Compuesta: RS = 8.9 V, 2.23%; ST = 8.9 V, 2.22%; TR = 8.9 V, 2.22%;

e(total):

Simple: RN = 5.83 V, 2.52%; SN = 6.57 V, 2.84%; **TN = 6.75 V, 2.92% ADMIS (6.5% MAX.);**

Compuesta: RS = 11.13 V, 2.78%; ST = 11.19 V, 2.8%; TR = 10.84 V, 2.71%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Reucperador Ves. 2

- Potencia nominal: 8000 W
- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ: 0.84; Xu(mΩ/m): 0; r: 0.89

- Potencias: P(w): 8970.05 Q(var): 5693.56
- Intensidades fasores: IR = 12.95-8.22i; IS = -13.59-7.1i; IT = 0.64+15.32i; IN = 0

- Intensidades valor eficaz: IR = 15.34; IS = 15.34; IT = 15.34; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 19.17

Se eligen conductores Tetrapolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 60.41; S = 60.41; T = 60.41; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 1.55 V, 0.67%; SN = 1.54 V, 0.67%; TN = 1.55 V, 0.67%;

Compuesta: RS = 2.68 V, 0.67%; ST = 2.68 V, 0.67%; TR = 2.68 V, 0.67%;

e(total):

Simple: RN = 2.24 V, 0.97%; SN = 2.98 V, 1.29%; **TN = 3.15 V, 1.37% ADMIS (6.5% MAX.);**

Compuesta: RS = 4.91 V, 1.23%; ST = 4.98 V, 1.24%; TR = 4.62 V, 1.15%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Ventilació

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.75; Xu(mΩ/m): 0;

- Coeficiente de simultaneidad: 1

- Potencias: P(w): 706.21 Q(var): 622.82

- Intensidades fasores: IR = 0; IS = -3.86-1.3i; IT = 0; IN = -3.86-1.3i

- Intensidades valor eficaz: IR = 0; IS = 4.08; IT = 0; IN = 4.08

Calentamiento:

Intensidad(A)_S: 4.59

Se eligen conductores Unipolares 2x4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 38 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 40; S = 40.58; T = 40; N = 40.58

e(parcial): SN = 0.01 V, 0%;

e(total): **SN = 1.42 V, 0.62%;**

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Aportacio Despat P1

- Potencia nominal: 250 W

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 50 m; Cos φ: 0.75; Xu(mΩ/m): 0; r: 0.71

- Potencias: P(w): 353.11 Q(var): 311.41

- Intensidades fasores: IR = 0; IS = -1.93-0.65i; IT = 0; IN = -1.93-0.65i

- Intensidades valor eficaz: IR = 0; IS = 2.04; IT = 0; IN = 2.04

Calentamiento:

Intensidad(A)_S: 2.55

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 25 A. según ITC-BT-19
Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 40; S = 40.33; T = 40; N = 40.33

e(parcial): SN = 1.13 V, 0.49%;

e(total): **SN = 2.55 V, 1.1% ADMIS (6.5% MAX.);**

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Det.Movimiento In: 16 A.

Cálculo de la Línea: Extraccio Despat P1

- Potencia nominal: 250 W

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B2-Mult.Canal.Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 30 m; Cos φ : 0.75; Xu(mΩ/m): 0; r: 0.71

- Potencias: P(w): 353.11 Q(var): 311.41

- Intensidades fasores: IR = 0; IS = -1.93-0.65i; IT = 0; IN = -1.93-0.65i

- Intensidades valor eficaz: IR = 0; IS = 2.04; IT = 0; IN = 2.04

Calentamiento:

Intensidad(A)_S: 2.55

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 25 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 40; S = 40.33; T = 40; N = 40.33

e(parcial): SN = 0.68 V, 0.29%;

e(total): **SN = 2.1 V, 0.91% ADMIS (6.5% MAX.);**

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Det.Movimiento In: 16 A.

Cálculo de la Línea: Subq Grup incendis

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 0.3 m; Cos φ_R : 0.82; Cos φ_S : 0.82; Cos φ_T : 0.84; Xu(mΩ/m): 0;

- Coeficiente de simultaneidad: R = 1; S = 1; T = 1;

- Potencias: P(w): 11322.94 Q(var): 7720.48

- Intensidades fasores: IR = 16.05-11.14i; IS = -17.68-8.33i; IT = 1.19+20.23i; IN = -0.44+0.76i

- Intensidades valor eficaz: IR = 19.54; IS = 19.54; IT = 20.27; IN = 0.88

Calentamiento:

Intensidad(A)_T: 25.15

Se eligen conductores Unipolares 4x10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 60 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 45.3; S = 45.3; T = 45.71; N = 40.01

e(parcial):

Simple: RN = 0.01 V, 0%; SN = 0.01 V, 0%; TN = 0.01 V, 0%;

Compuesta: RS = 0.02 V, 0%; ST = 0.02 V, 0%; TR = 0.02 V, 0%;

e(total):

Simple: RN = 0.67 V, 0.29%; SN = 1.42 V, 0.62%; **TN = 1.59 V, 0.69%**;

Compuesta: RS = 2.2 V, 0.55%; ST = 2.27 V, 0.57%; TR = 1.91 V, 0.48%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Subq Grup incendis

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 40 m; Cos φ_R : 0.82; Cos φ_S : 0.82; Cos φ_T : 0.84; Xu(mΩ/m): 0;

- Coeficiente de simultaneidad: R = 1; S = 1; T = 1;

- Potencias: P(w): 11322.94 Q(var): 7720.48

- Intensidades fasores: IR = 16.05-11.14i; IS = -17.68-8.33i; IT = 1.19+20.23i; IN = -0.44+0.76i

- Intensidades valor eficaz: IR = 19.54; IS = 19.54; IT = 20.27; IN = 0.88

Calentamiento:

Intensidad(A)_T: 25.15

Se eligen conductores Unipolares 4x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 60 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 45.3; S = 45.3; T = 45.71; N = 40.01

e(parcial):

Simple: RN = 1.18 V, 0.51%; SN = 1.18 V, 0.51%; TN = 1.35 V, 0.58%;

Compuesta: RS = 2.1 V, 0.53%; ST = 2.16 V, 0.54%; TR = 2.16 V, 0.54%;

e(total):

Simple: RN = 1.85 V, 0.8%; SN = 2.6 V, 1.13%; **TN = 2.94 V, 1.27%**;

Compuesta: RS = 4.3 V, 1.08%; ST = 4.43 V, 1.11%; TR = 4.07 V, 1.02%;

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

SUBCUADRO

Subq Grup incendis

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Grup incendis	10000 W
Preses 16A monofasi	50 W
Enllum.	153 W
TOTAL....	10203 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 153

- Potencia Instalada Fuerza (W): 10050

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 0

- Potencia Fase S (W): 0

- Potencia Fase T (W): 203

Cálculo de la Línea: Grup incendis

- Potencia nominal: 10000 W
- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.82; $X_u(m\Omega/m)$: 0; r: 0.9
- Potencias: P(w): 11119.94 Q(var): 7720.48
- Intensidades fasores: IR = 16.05-11.14i; IS = -17.68-8.33i; IT = 1.63+19.47i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 19.54; IS = 19.54; IT = 19.54; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A) R: 24.42

Se eligen conductores Tetrapolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 40x30 mm. Sección útil: 670 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 51.93; S = 51.93; T = 51.93; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 0.26 V, 0.11%; SN = 0.26 V, 0.11%; TN = 0.26 V, 0.11%;

Compuesta: RS = 0.45 V, 0.11%; ST = 0.45 V, 0.11%; TR = 0.45 V, 0.11%;

e(total):

Simple: RN = 2.11 V, 0.91%; SN = 2.86 V, 1.24%; **TN = 3.2 V, 1.38% ADMIS (6.5% MAX.);**

Compuesta: RS = 4.75 V, 1.19%; ST = 4.88 V, 1.22%; TR = 4.51 V, 1.13%;

Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Potencias: P(w): 203 Q(var): 0
- Intensidades fasores: IR = 0; IS = 0; IT = -0.44+0.76i; IN = -0.44+0.76i
- Intensidades valor eficaz: IR = 0; IS = 0; IT = 0.88; IN = 0.88

Calentamiento:

Intensidad(A) T: 0.88

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 25 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 40; S = 40; T = 40.06; N = 40.06

e(parcial): TN = 0 V, 0%;

e(total): **TN = 2.94 V, 1.27%;**

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Preses 16A monofasi

- Potencia nominal: 50 W
- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 2 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencias: $P(w)$: 50 $Q(var)$: 0
- Intensidades fasores: $IR = 0$; $IS = 0$; $IT = -0.11+0.19i$; $IN = -0.11+0.19i$
- Intensidades valor eficaz: $IR = 0$; $IS = 0$; $IT = 0.22$; $IN = 0.22$

Calentamiento:

Intensidad(A) T : 0.22

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): $R = 40$; $S = 40$; $T = 40$; $N = 40$

$e(\text{parcial})$: $TN = 0.01 \text{ V}$, 0%;

$e(\text{total})$: **$TN = 2.95 \text{ V}$, 1.28% ADMIS (6.5% MAX.);**

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Enllum.

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 38 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	
Longitud(m)	30	3	5	
Coef. Simult.	1	1	1	
Pot.Nom.Nudo(W)		51	51	51
Coef.Mayorac.	1	1	1	
FP; $\cos \varphi$	1	1	1	

- Potencias: $P(w)$: 153 $Q(var)$: 0
- Intensidades fasores: $IR = 0$; $IS = 0$; $IT = -0.33+0.57i$; $IN = -0.33+0.57i$
- Intensidades valor eficaz: $IR = 0$; $IS = 0$; $IT = 0.66$; $IN = 0.66$

Calentamiento:

Intensidad(A) T : 0.66

Se eligen conductores Bipolares $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): $R = 40$; $S = 40$; $T = 40.07$; $N = 40.07$

$e(\text{parcial})$: $TN = 0.55 \text{ V}$, 0.24%;

$e(\text{total})$: **$TN = 3.5 \text{ V}$, 1.51% ADMIS (4.5% MAX.);**

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Elemento de Maniobra:

Interruptor Bipolar In: 10 A.

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
DERIVACION IND.	28173.15	40	4x25Cu	54.24	96	0.68	0.68	75
Ventilació	176.55	0.3	2x2.5Cu	0.76	28	0	0.29	16
Extrac. lavabos P1	176.55	30	2x2.5+TTx2.5Cu	0.76	25	0.15	0.44	40x30
Ventilació vestidor	17940.09	0.3	4x6Cu	30.67	44	0.01	0.7	25
Recuperador Ves. 1	8970.05	50	4x2.5+TTx2.5Cu	15.34	24	2.23	2.92	40x30
Reuperador Ves. 2	8970.05	15	4x2.5+TTx2.5Cu	15.34	24	0.67	1.37	40x30
Ventilació	706.21	0.3	2x4Cu	4.08	38	0	0.62	16
Aportacio Despat P1	353.11	50	2x2.5+TTx2.5Cu	2.04	25	0.49	1.1	40x30
Extraccio Despat P1	353.11	30	2x2.5+TTx2.5Cu	2.04	25	0.29	0.91	40x30
Subq Grup incendis	11322.94	0.3	4x10Cu	20.27	60	0	0.69	32
Subq Grup incendis	11322.94	40	4x10+TTx10Cu	20.27	60	0.58	1.27	32

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
DERIVACION IND.	40	4x25Cu	12	15	6.437	1978.92	63;C		
Ventilació	0.3	2x2.5Cu	3.847	4.5	3.629	1851.25	16;C		R
Extrac. lavabos P1	30	2x2.5+TTx2.5Cu	3.629		0.509	242.85			R
Ventilació vestidor	0.3	4x6Cu	6.437		6.32	1923.59			
Recuperador Ves. 1	50	4x2.5+TTx2.5Cu	6.32	10	0.644	154.09	16;C		
Reuperador Ves. 2	15	4x2.5+TTx2.5Cu	6.32	10	1.781	434.2	16;C		
Ventilació	0.3	2x4Cu	3.847		3.708	1897.14			S
Aportacio Despat P1	50	2x2.5+TTx2.5Cu	3.708	4.5	0.323	153.91	16;C		S
Extraccio Despat P1	30	2x2.5+TTx2.5Cu	3.708	4.5	0.511	243.65	16;C		S
Subq Grup incendis	0.3	4x10Cu	6.437	10	6.366	1945.28	25;C		
Subq Grup incendis	40	4x10+TTx10Cu	6.366	4.5	2.364	587.61	25;C		

Subcuadro Subq Grup incendis

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Grup incendis	11119.94	5	4x6+TTx6Cu	19.54	40	0.11	1.38	40x30
	203	0.3	2x2.5Cu	0.88	25	0	1.27	16
Preses 16A monofasi	50	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.22	28	0	1.28	20
Enllum.	153	38	2x1.5+TTx1.5Cu	0.66	18	0.24	1.51	16

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
Grup incendis	5	4x6+TTx6Cu	2.364		2.08	512.69			
	0.3	2x2.5Cu	1.219		1.195	575.52			T
Preses 16A monofasi	2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.195	4.5	1.053	506.03	16;C		T
Enllum.	38	2x1.5+TTx1.5Cu	1.195	4.5	0.226	107.39	10;C		T

2.2- Instal·lacions fontaneria

DIMENSIONADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

El cálculo de las redes de distribución se ha realizado con un primer dimensionado en función de los caudales instantáneos mínimos de los aparatos instalados, obteniéndose unos diámetros previos que posteriormente se han comprobado en función de la pérdida de carga que se obtiene con los mismos.

Dimensionado de los tramos

El dimensionado de la red se realiza a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo con el procedimiento siguiente:

1. El caudal máximo o instalado ($Q_{\text{instalado}}$) de cada tramo será igual a la suma de los caudales instantáneos mínimos ($Q_{i,\text{min}}$) de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla 2.1. del CTE-HS4.

$$Q_{\text{instalado}} = \sum Q_{i,\text{min}}$$

2. Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con el criterio siguiente.

- Factor de simultaneidad por número de aparatos:

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

- Siendo n el número de aparatos servidos desde el tramo, con $K_a=1$ para $n \leq 2$ y el coeficiente por tipo de edificio $\alpha=1,0$.

- Factor de simultaneidad por número de instalaciones particulares:

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

- Siendo N el número de contadores divisionarios servidos desde el tramo.
- Valor mínimo admisible para el coeficiente de simultaneidad: 0,2

3. Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal total instalado por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

- Para un conjunto de aparatos:

$$Q_{i,\text{particular}} = K_s \cdot \sum Q_{\text{instalado}}$$

- Para un conjunto de instalaciones particulares:

$$Q_{\text{cálculo}} = K_c \cdot \sum Q_{i,\text{particular}}$$

4. Elección de los parámetros para el dimensionado de los tramos:

- Velocidad máxima de cálculo en torno a 1,50 m/s.
- Diámetro inferior 12,00 mm.

5. Cálculo del diámetro en base a los parámetros de dimensionado anteriores y del caudal instantáneo de cálculo que circula por cada tramo.

6. Se tiene en cuenta la limitación de los diámetros mínimos de alimentación según la tabla 4.3 y mínimos en las derivaciones a aparatos según tabla 4.2 del CTE-HS4.

Comprobación de la presión

Se comprueba que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los valores mínimos indicados en el apartado 2.1.3 del CTE-HS4 y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo indicado en el mismo apartado, de acuerdo con lo siguiente:

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha tenido en cuenta:

1. Pérdidas de carga por fricción según la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{371 \cdot D} + \frac{251 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Siendo:

- J = Pérdida de carga, en m.c.a./m;
 - D = Diámetro interior de la tubería, en m;
 - V = Velocidad media del agua, en m/s;
 - k_a = Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
 - ν = Viscosidad cinemática del fluido, ($1'31 \times 10^{-6}$ m²/s para agua a 10°C);
 - g = Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;
2. Pérdidas de carga en los accesorios, teniendo en cuenta un 25,0% de la longitud de cada tramo.
 3. Diferencia de cotas entre la entrada y la salida de cada tramo.

La presión residual en cada punto de consumo se obtiene restando a la presión mínima garantizada en la acometida, las pérdidas de carga a lo largo de los tramos de tubería, válvulas y accesorios, y descontando la diferencia de cotas.

La presión máxima en cada nudo se calcula partiendo de la presión máxima esperada en la acometida y restando las correspondientes pérdidas de carga por rozamiento y diferencia de cotas.

Dimensionado de la red de ida de ACS

El dimensionado de las redes de impulsión se realiza del mismo modo que las redes de agua fría, teniendo en cuenta que los caudales mínimos instantáneos para los aparatos de agua caliente son los que aparecen en la segunda columna de la tabla 2.1 del Documento Básico CTE-HS4.

Cálculo del aislamiento térmico

El espesor del aislamiento de las conducciones de agua caliente, tanto en la ida como en el retorno, se dimensiona de acuerdo con lo indicado en las tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4 del procedimiento simplificado IT 1.2.4.2.1.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

DETALLE DEL CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación, se muestran listados con las principales características y resultados del cálculo de los tramos de tubería más importantes que componen la instalación.

A continuación, se muestran listados con las principales características y resultados del cálculo de los tramos de tubería más importantes que componen la instalación.

Materiales y dimensiones de las tuberías:

Referencia	Tipo de tramo	Material	Diámetro nominal	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Presión máxima (bar)	Espesor mínimo aislam. (mm)
TUB [2-3]	Tubo de acometida	AL/PE-RT clase 1	ø25	20,00	2,50	1,565	12,0506	10,00
TUB [3-41]	Tubo de acometida	AL/PE-RT clase 1	ø25	20,00	2,50	4,123	12,0506	10,00
TUB [41-42]	Tubo de acometida	AL/PE-RT clase 1	ø25	20,00	2,50	1,378	12,0506	10,00

Caudales y coeficientes de simultaneidad (Ks) por tramo:

Referencia	Tipo de tramo	DN	Caudal total instalado Q _t (l/s)	Caudal instan. máximo Q _i (l/s)	Caudal de cálculo Q _c (l/s)	Nº apar.	Nº sum.	K _a	K _h	K _c	K _s
TUB [2-3]	Tubo de acometida	ø25	1,750	1,750	0,452	16,0	-	0,2582	-	-	0,2582
TUB [3-41]	Tubo de acometida	ø25	0,700	0,700	0,286	7,0	-	0,4082	-	-	0,4082
TUB [41-42]	Tubo de acometida	ø25	0,200	0,200	0,200	2,0	-	1,0000	-	-	1,0000

Listado de resultados en tuberías.

Listado de resultados en tuberías.

LISTADO DE RESULTADOS EN TUBERÍAS								
Referencia	Caudal instantáneo (l/s)	Diámetro interior (mm)	Longitud (m)	Longitud equivalente (m)	Diferencia cotas (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (mmca/m)	Pérdidas totales (bar)
TUB [1-2]	0,452	20,00	1,54	0,385	0,000	1,44	154,4	0,02913
TUB [2-3]	0,452	20,00	1,56	0,391	0,000	1,44	154,4	0,02958
TUB [3-4]	0,371	20,00	0,07	0,018	0,000	1,18	109,0	0,00095
TUB [5-6]	0,371	20,00	0,08	0,021	0,000	1,18	109,0	0,00112
TUB [6-7]	0,371	20,00	0,85	0,214	0,000	1,18	109,0	0,01141
TUB [7-8]	0,318	15,50	1,94	0,485	0,000	1,69	281,9	0,06691
TUB [8-9]	0,318	15,50	0,36	0,090	0,000	1,69	281,9	0,01237
TUB [9-10]	0,150	12,00	0,04	0,009	0,000	1,33	254,6	0,00111
TUB [10-11]	0,150	12,00	2,00	0,500	-2,000	1,33	254,6	0,06236
TUB [9-12]	0,300	15,50	0,87	0,217	0,000	1,59	253,9	0,02696
TUB [12-13]	0,150	12,00	0,04	0,009	0,000	1,33	254,6	0,00111
TUB [13-14]	0,150	12,00	2,00	0,500	-2,000	1,33	254,6	0,06236
TUB [12-15]	0,150	15,50	0,87	0,217	0,000	0,79	75,0	0,00796
TUB [15-16]	0,150	12,00	0,04	0,009	0,000	1,33	254,6	0,00111
TUB [16-17]	0,150	12,00	2,00	0,500	-2,000	1,33	254,6	0,06236
TUB [7-18]	0,212	20,00	4,76	1,191	0,000	0,68	40,8	0,02378
TUB [18-19]	0,100	15,50	0,33	0,083	0,000	0,53	37,1	0,00151
TUB [19-20]	0,100	12,00	0,08	0,021	0,000	0,88	125,2	0,00130
TUB [20-21]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [18-22]	0,200	15,50	0,57	0,141	0,000	1,06	124,1	0,00860
TUB [22-23]	0,100	12,00	0,08	0,021	0,000	0,88	125,2	0,00130
TUB [23-24]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [22-25]	0,100	15,50	0,89	0,223	0,000	0,53	37,1	0,00406
TUB [25-26]	0,100	12,00	0,08	0,021	0,000	0,88	125,2	0,00130
TUB [26-27]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [7-28]	0,212	15,50	0,24	0,059	0,000	1,12	137,6	0,00396
TUB [28-29]	0,212	15,50	0,85	0,214	0,000	1,12	137,6	0,01440
TUB [29-30]	0,212	15,50	0,36	0,091	0,000	1,12	137,6	0,00613
TUB [30-31]	0,212	15,50	1,60	0,401	0,000	1,12	137,6	0,02702
TUB [31-32]	0,212	15,50	0,28	0,069	0,000	1,12	137,6	0,00464
TUB [32-33]	0,100	12,00	0,02	0,005	0,000	0,88	125,2	0,00032
TUB [33-34]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [32-35]	0,200	15,50	0,86	0,215	0,000	1,06	124,1	0,01305
TUB [35-36]	0,100	12,00	0,02	0,005	0,000	0,88	125,2	0,00032
TUB [36-37]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [35-38]	0,100	15,50	0,85	0,212	0,000	0,53	37,1	0,00386
TUB [38-39]	0,100	12,00	0,02	0,005	0,000	0,88	125,2	0,00032
TUB [39-40]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [3-41]	0,286	20,00	4,12	1,031	0,000	0,91	68,7	0,03469
TUB [41-42]	0,200	20,00	1,38	0,344	0,000	0,64	36,8	0,00621
TUB [43-44]	0,200	15,50	0,18	0,045	0,000	1,06	124,1	0,00276

TUB [44-45]	0,100	12,00	0,10	0,026	0,000	0,88	125,2	0,00161
TUB [45-46]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [44-47]	0,100	15,50	1,93	0,483	0,000	0,53	37,1	0,00877
TUB [47-48]	0,100	15,50	1,00	0,250	0,000	0,53	37,1	0,00454
TUB [48-49]	0,100	12,00	0,09	0,023	0,000	0,88	125,2	0,00144
TUB [49-50]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [51-52]	0,250	15,50	2,66	0,665	0,000	1,32	183,8	0,05990
TUB [52-53]	0,250	15,50	0,36	0,091	0,000	1,32	183,8	0,00817
TUB [53-54]	0,100	12,00	0,18	0,044	0,000	0,88	125,2	0,00270
TUB [54-55]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [53-56]	0,231	15,50	0,87	0,216	0,000	1,22	159,8	0,01693
TUB [56-57]	0,212	15,50	2,58	0,645	0,000	1,12	137,6	0,04351
TUB [57-58]	0,212	15,50	0,42	0,106	0,000	1,12	137,6	0,00714
TUB [58-59]	0,100	12,00	0,11	0,028	0,000	0,88	125,2	0,00173
TUB [59-60]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [58-61]	0,200	15,50	0,96	0,240	0,000	1,06	124,1	0,01457
TUB [61-62]	0,100	12,00	0,11	0,028	0,000	0,88	125,2	0,00173
TUB [62-63]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [61-64]	0,100	15,50	0,95	0,238	0,000	0,53	37,1	0,00432
TUB [64-65]	0,100	12,00	0,11	0,028	0,000	0,88	125,2	0,00173
TUB [65-66]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066
TUB [56-67]	0,100	12,00	0,18	0,044	0,000	0,88	125,2	0,00270
TUB [67-68]	0,100	12,00	2,00	0,500	-2,000	0,88	125,2	0,03066

2.3- Instal·lacions sanejament

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Tipo de uso del edificio:	Privado
Periodo de retorno:	10 años
Duración de la lluvia:	10,00 min.
Intensidad de la lluvia:	109,26 mm/h
Distancia máxima entre inodoro y bajante:	1,000 m
Distancia máxima entre bote sifónico y bajante:	2,000 m
Diámetro máximo en conductos curvos:	800,00 mm
Diámetro mínimo en derivaciones:	32,00 mm
Diámetro mínimo en bajantes sin inodoro:	50,00 mm
Diámetro mínimo en bajantes con inodoro:	100,00 mm
Diámetro mínimo en colectores sin inodoro:	50,00 mm
Diámetro mínimo en colectores con inodoro:	100,00 mm
Diámetro mínimo en canaletas semicirculares:	100,00 mm
Área máxima en canaletas rectangulares:	1000,00 cm ²
Área mínima en canaletas rectangulares:	10,00 cm ²

MÉTODOS DE CÁLCULO

Teoría para el cálculo

Flujo en las conducciones Horizontales

El flujo en las tuberías horizontales de desagüe depende de la fuerza de gravedad que es inducida por la pendiente de la tubería y la altura del agua en la misma.

La formulación del flujo por gravedad, en condiciones estacionarias, la podemos tener mediante la ecuación de Manning:

$$V = 10^{-3} \cdot (R^{2/3} \cdot J^{1/2}) / n$$

Donde:

- *V: Velocidad del flujo, en m/s*
- *R: Profundidad hidráulica media o radio hidráulico, en mm.*
- *J: Pendiente de la tubería en % (ó cm/m).*
- *n: Coeficiente de Manning.*

Si tenemos en cuenta que el caudal es igual a:

$$Q = S \cdot V$$

Donde:

- *S: Superficie transversal del flujo de agua en m².*
- *Q: Caudal volumétrico en m³/s.*

Al combinar las dos ecuaciones anteriores, tendremos:

$$Q = 10^{-3} \cdot (S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}) / n$$

Flujo en las conducciones Verticales

El flujo de agua en conducciones verticales depende esencialmente del caudal. A la entrada de un ramal en la columna, el agua es acelerada por la fuerza de gravedad y, rápidamente, forma una lámina alrededor de la superficie interna de la columna. Esta corona circular de agua y el alma de aire en su interior continúan acelerándose hasta que las pérdidas por rozamiento contra la pared igualan la fuerza de gravedad. Desde este momento, la velocidad de caída queda prácticamente constante.

De esta forma, podemos definir la velocidad terminal y la distancia del punto de entrada de agua a la cual se alcanza dicha velocidad de la siguiente forma:

$$V_T = 10 \cdot (Q/D)^{0,4}$$

$$L_T = 0,17 \cdot V_T^2$$

Donde:

- *VT: es la velocidad terminal en m/s.*
- *LT: es la distancia terminal en m.*
- *Q: es el caudal en Lits/sg.*

- *D*: es el diámetro interior en mm.

El caudal de agua puede expresarse en función del diámetro de la tubería “D” y de la relación “r” entre la superficie transversal de la lámina de agua y la superficie transversal de la tubería mediante la expresión:

$$Q = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot D^{8/3}$$

Cálculo de caudal según UNE12056 (residuales)

El caudal estimado de aguas residuales en un sistema de desagüe o en una parte del mismo, al que solamente están conectados aparatos sanitarios domésticos se establece según indica la expresión:

$$Q = K \cdot \sqrt[3]{\sum UD}$$

donde:

- *Q* caudal de aguas residuales (l/s)
- *K* coeficiente de frecuencia de uso
- $\sum UD$ Sumatorio de unidades de desagüe/descarga

En la tabla siguiente, se muestran los diferentes coeficientes de frecuencia de uso más comunes y asociados con diferentes utilizaciones de los aparatos sanitarios

UTILIZACIÓN DE APARATOS SANITARIOS/RESIDUALES	K
Utilización irregular (pej. residencial privado, oficinas):	0,5
Utilización frecuente (pej. Uso sanitario, residencial público, docente, restaurante):	0,7
Utilización intensiva (pej. servicios, baños públicos y vestuarios):	1,0
Utilización especial (pej. laboratorios, salas de ensayo):	1,2

Se sustituyen en la misma los valores correspondientes de *K* y *Nº de UDS* y se obtiene el valor correspondiente del caudal resultante en l/s.

Cálculo de caudal según el método racional (pluviales)

El Método Racional, permite determinar el caudal máximo que discurrirá por una determinada sección de la red de pluvial, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad media máxima constante correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración de la sección.

Este método, es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos

Se parte de la expresión:

$$Q_{(m^3/s)} = (Superficie\ pluvial_{(Km^2)} \cdot Intensidad\ de\ lluvia_{(mm/h)} \cdot Coeficiente\ de\ escorrentía) / 3,6$$

Se sustituyen en la misma los valores correspondientes de *Superficie pluvial* e *Intensidad de lluvia* y se tiene en cuenta que los coeficientes de escorrentía pueden ser:

- **Conducciones:** 1,00
- Área urbana: 0,85
- Área no pavimentada: 0,02

CÁLCULO Y DIMENSIONADO

Se aplicará un proceso de cálculo para un sistema separativo, es decir, se dimensionará la red de aguas residuales por un lado y la red de aguas pluviales por otro, de forma separada e independiente, para finalmente, mediante las oportunas conversiones, dimensionar un sistema mixto.

Se utilizará el método de adjudicación de un número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario y se considerará la aplicación del criterio de simultaneidad estimando el que su uso sea público o privado.

Dimensionado de la red de evacuación de aguas fecales

Red de pequeña evacuación de aguas residuales.

La adjudicación de UD's a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de sifones y derivaciones individuales se establecen en función del uso privado o público según la tabla siguiente:

APARATOS SANITARIOS				
Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo del sifón y/o derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1,00	2,00	32,00	40,00
Inodoro con cisterna	4,00	5,00	100,00	100,00
Urinaros con grifo temporizado	0,00	4,00	0,00	50,00

Botes sifónicos o sifones individuales.

Los sifones individuales tendrán el mismo diámetro que la válvula de desagüe conectada.

Los botes sifónicos se elegirán en función del número y tamaño de las entradas y con la altura mínima recomendada para evitar que la descarga de un aparato sanitario alto salga por otro de menor altura.

Ramales colectores

Se utilizará la tabla siguiente para el dimensionado de ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

RAMALES COLECTORES							
Diámetro mm	Máximo número de UD's						
	1,0%	1,5%(*)	2,0%	2,5%(*)	3,0%(*)	3,5%(*)	4,0%
32	--	1	1	1	1	1	1
40	--	1	2	2	3	3	3
50	--	3	6	7	7	8	8
63	--	6	11	12	13	13	14
75	--	11	21	23	25	26	28
90	47	54	60	64	68	71	75
110	123	137	151	159	166	174	181
125	180	207	234	246	257	269	280
160	438	510	582	637	691	746	800
200	870	1010	1150	1283	1415	1548	1680

(*) Valores obtenidos a partir de interpolación con los valores originales a 1%, 2% y 4% publicados en DB-HS5.

Bajantes de aguas residuales

El dimensionado de las bajantes se hará de acuerdo con la tabla siguiente en que se hace corresponder el número de plantas del edificio con el número máximo de UD's y el diámetro que le correspondería a la bajante, conociendo que el diámetro de la misma será único en toda su altura y considerando también el máximo caudal que puede descargar en la bajante desde cada ramal sin contrapresiones en éste.

BAJANTES RESIDUALES				
Diámetro mm	Máximo número de UD's, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD's, en cada ramal para una altura de bajante de:	
	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas
50	10	25	6	6
63	19	38	11	9
75	27	53	21	13
90	135	280	70	53

110	360	740	181	134
125	540	1100	280	200
160	1208	1120	400	160
200	2200	3600	1680	600
250	3800	5600	2500	1000
315	6000	9240	4320	1650

Colectores horizontales de aguas residuales

Mediante la utilización de la Tabla siguiente, obtenemos el diámetro en función del máximo número de UD's y de la pendiente.

COLECTORES HORIZONTALES							
Diámetro mm	Máximo número de UD's						
	1,0%	1,5%(*)	2,0%	2,5%(*)	3,0%(*)	3,5%(*)	4,0%
50	--	10	20	21	23	24	25
63	--	12	24	25	27	28	29
75	--	19	38	43	48	52	57
90	96	113	130	138	145	153	160
110	264	293	321	336	352	367	382
125	390	435	480	505	530	555	580
160	880	968	1056	1117	1178	1239	1300
200	1600	1760	1920	2015	2110	2205	2300
250	2900	3200	3500	3675	3850	4025	4200
315	5710	6315	6920	7263	7605	7948	8290
350	8300	9150	10000	10500	11000	11500	12000

(*) Valores obtenidos a partir de interpolación con los valores originales a 1%, 2% y 4% publicados en DB-HS5.

2.4- Instal·lacions ventilació

ANEXO 1: MÉTODOS DE CÁLCULO

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN

Las fórmulas de cálculo que se han utilizado son las expuestas en el manual DTIE 5.01 "Cálculo de conductos", editado por ATECYR y "HANDBOOK FUNDAMENTALS 2001" editado por ASHRAE, de las cuales reproducimos las más importantes:

Pérdidas de presión por fricción

Las pérdidas de presión debidas al rozamiento de la corriente de aire en el interior del conducto se calculan utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach-Colebrook, aproximando el factor de fricción mediante la ecuación de Blasius, y particularizando para el aire húmedo:

$$\Delta P_f = \alpha \cdot 14,1 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot \frac{v^{1,82}}{Dh^{1,22}}$$

Siendo:

- ΔP_f = Pérdidas de presión por fricción, en Pa
- Dh = Diámetro hidráulico, en m
- v = Velocidad, en m/s
- L = Longitud total, en m
- α = Factor que depende de la superficie del material utilizado (adimensional)

Esta ecuación es válida para temperaturas comprendidas entre 15,0 °C y 40,0 °C, presiones inferiores a la correspondiente a una altitud de 1.000,00 m. Y humedades relativas comprendidas entre 0% y 90%.

Pérdidas de presión por singularidades

Se denomina singularidad a cualquier elemento de la red de conductos que produce un cambio significativo en la dirección o en la velocidad de la corriente de aire (codos, derivaciones, transiciones...)

La pérdida de presión en estos elementos es proporcional a la velocidad del aire a la entrada, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_s = C_o \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Siendo:

- ΔP_s = Pérdidas de presión por singularidades, en Pa
- C_o = coeficiente de pérdida dinámica (adimensional)
- v = Velocidad, en m/s
- ρ = Densidad del aire húmedo, en kg/m³

Los coeficientes C_o de pérdida de carga dinámica están tabulados para los distintos tipos de accesorios normalmente utilizados en las redes de conductos. Los cálculos se han realizado tomando como fuente de datos "ASHRAE Duct Fitting Database 5.0.10".

Conductos rectangulares

La pérdida de carga en conductos de sección rectangular de lados a y b se calcula utilizando las mismas ecuaciones descritas anteriormente, pero utilizando el diámetro equivalente D_e resultante de aplicar la siguiente expresión:

$$D_e = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,6255}}{(a + b)^{0,251}}$$

Pérdidas de presión en unidades terminales

Las unidades terminales de impulsión y retorno se han seleccionado en función de los siguientes criterios:

1. El caudal de cálculo es el necesario para vencer las cargas térmicas o cumplir los criterios de ventilación.
2. La velocidad media del aire en la zona ocupada se debe mantener dentro de los valores máximos establecidos.
3. Los niveles de ruido generado están limitados por la actividad desarrollada en cada recinto.

Las pérdidas de carga en los elementos de difusión se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_T = (Cd + 1) \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{S_e \cdot 2}$$

Siendo:

- ΔP_T = Pérdidas de presión total en la unidad terminal, en Pa
- Cd = Coeficiente de pérdidas en difusor (adimensional)
- Q = Caudal de aire, en m³/s
- ρ = Densidad del aire húmedo, en kg/m³
- S_e = Sección de entrada a la unidad terminal, en m²

El coeficiente de pérdidas del difusor se obtiene a partir de los datos del fabricante para el punto de funcionamiento en condiciones nominales.

Métodos de dimensionamiento de conductos

Se han tenido en cuenta los métodos de dimensionado siguientes:

Método de Rozamiento Constante

Consiste en calcular los conductos de forma que la pérdida de carga por unidad de longitud en todos los tramos del sistema sea idéntica. El área de la sección de cada conducto está relacionada únicamente con el caudal de aire que transporta, por tanto, a igual porcentaje de caudal sobre el total, igual área de conductos.

Método de la Recuperación estática

El fundamento de este método consiste en dimensionar el conducto de forma que el aumento de presión estática (ganancia debida a la reducción de velocidad) en cada rama o boca de impulsión, compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del conducto. De esta forma la presión estática será la misma en cada boca y al comienzo de cada rama.

La presión estática necesaria en el ventilador se calcula teniendo en cuenta la pérdida de carga en el tramo de mayor resistencia y la ganancia de presión debida a la reducción de la velocidad desde el ventilador hasta el final de este tramo.

Método de la Velocidad Constante

Este método se basa en el cálculo de la sección de conducto necesaria en cada tramo para que las velocidades medias del aire se mantengan constantes e iguales a las del conducto principal.

Cálculo de las características del ventilador

Una vez calculadas las dimensiones de los conductos y seleccionados los tamaños de las bocas de impulsión y de retorno es posible obtener las características del ventilador:

Caudal nominal: Suma de los caudales individuales de todas las bocas del mismo tipo conectadas a la red. Se comprueba que el caudal total de impulsión sea aproximadamente igual al de retorno.

El caudal de aire se reparte en las redes de impulsión de modo que siempre se produce la misma pérdida de carga desde el ventilador hasta cualquier boca de salida. Lo mismo sucede en las redes de retorno.

Presión nominal: La presión total se determina en base a la boca con mayores pérdidas de presión desde el ventilador. Para las restantes bocas del mismo tipo se calculan las pérdidas que es necesario provocar para el equilibrado de la red.

En sistemas compuestos por redes de impulsión y de retorno el ventilador ha de vencer la presión necesaria en ambas redes.

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS TÉRMICAS

Las pérdidas térmicas en los conductos se calculan según las indicaciones de la norma UNE-EN ISO 12241 tomando las condiciones de contorno expuestas en la publicación del IDAE "Comentarios al RITE 2007" y las consideraciones para conductos desarrolladas en la Guía Técnica N.º 3 del IDAE "Diseño y cálculo de aislamientos".

El cálculo se realiza para cada uno de los tramos que componen la red, teniendo en cuenta sus dimensiones, espesores y materiales de aislamiento térmico, así como las condiciones térmicas de los ambientes por los que discurren.

Coeficiente de convección interior

Se considera que en la práctica el flujo estará siempre en régimen turbulento, debido tanto a la presencia del ventilador como al rango de velocidades, que será del orden de los 6 m/s. En estas condiciones el coeficiente de convección interior se puede expresar como:

$$h_{cvi} = (3,76 - 0,00497 \cdot T) \cdot \frac{V^{0,8}}{D^{0,2}}$$

Dónde:

- V = Velocidad media en el interior del tramo, en m/s
- T = Temperatura del fluido, en °C
- D = Diámetro del conducto de sección circular o diámetro hidráulico en el de sección rectangular, en m

Resistencia térmica interior

En el interior del conducto sólo se contabilizará el intercambio de calor por convección, ya que por radiación es despreciable (las paredes interiores se encuentran a la misma temperatura). La resistencia térmica interior para conductos de sección rectangular será:

$$R_i = \frac{1}{h_{cvi}}$$

Y para conductos de sección circular:

$$R_i = \frac{1}{h_{cvi} \cdot \pi \cdot D}$$

Dónde:

- h_{cvi} = Coeficiente de convección interior, en W/(m²·K)
- D = Diámetro del conducto, en m

Coeficiente de convección exterior

Para conductos de sección rectangular el flujo de calor se calcula a través de cada pared, tomándolas como placas planas.

Como coeficiente de convección se toma el valor medio ponderado que tiene en cuenta la existencia de dos superficies planas verticales y dos horizontales de dimensiones relativamente variables, y su régimen de circulación:

$$h_{cve} = 1,17 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}}$$

Dónde:

- H = Anchura del conducto, en m
- ΔT = valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire (°C)

Coeficiente de radiación exterior

En la práctica se desconoce el valor de las temperaturas superficiales del resto de superficies, por lo que una buena aproximación será suponerlas igual a la temperatura del aire. Así, la expresión del flujo de calor se puede expresar (linealizando la ecuación) como un coeficiente de convección equivalente de radiación por la diferencia de temperaturas entre la pared y el medio (aire).

De este modo, el valor del coeficiente de convección equivalente en radiación será:

$$h_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (TK_{sup} - TK_{aire}) \cdot (TK_{sup}^2 + TK_{aire}^2)$$

Dónde:

- ε = Coeficiente de emisividad: 0,3 para superficies metálicas y 0,9 para las restantes
- σ = Constante de Stefan Boltzman, en W/(m²·K⁴)
- TK_{sup} = Temperatura superficial (K)
- TK_{aire} = Temperatura del ambiente (K)

Resistencia térmica exterior

En el exterior el intercambio de calor por radiación no es despreciable, luego la resistencia térmica exterior para conductos de sección rectangular tendrá en cuenta el intercambio convectivo y el radiante, y se expresará de esta forma:

$$R_e = \frac{1}{h_{cve} + h_{rad}}$$

Y para conductos de sección circular:

$$R_e = \frac{1}{(h_{cve} + h_{rad}) \cdot \pi \cdot D_e}$$

Dónde:

- h_{cve} = Coeficiente de convección exterior, en $W/(m^2 \cdot K)$
- h_{rad} = Coeficiente de radiación exterior, en $W/(m^2 \cdot K)$
- D_e = Diámetro exterior (incluye espesor de aislamiento), en m

Resistencia térmica del material aislante

La resistencia térmica proporcionada por el material de aislamiento térmico se calcula para conductos de sección rectangular mediante la siguiente expresión:

$$R_m = \frac{e}{\lambda}$$

Y para conductos de sección circular:

$$R_m = \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda}$$

Dónde:

- e = Espesor de aislamiento térmico, en m
- λ = Conductividad térmica del material aislante, en $W/(m^2 \cdot K)$
- D_i = Diámetro interior, en m
- D_e = Diámetro exterior (incluye espesor de aislamiento), en m

Resistencia térmica lineal total del conjunto

La resistencia térmica total expresada por metro lineal de conducto se expresa como:

$$R_l = \frac{R_i + R_m + R_e}{P}$$

Dónde:

- R_l = Resistencia térmica lineal, en $m \cdot K/W$
- R_i = Resistencia térmica interior, en $m^2 \cdot K/W$
- R_m = Resistencia térmica material aislante, en $m^2 \cdot K/W$
- R_e = Resistencia térmica exterior, en $m^2 \cdot K/W$
- P = Perímetro exterior de la sección, en m

Temperatura de salida del conducto

Las pérdidas térmicas entre el fluido transportado y el ambiente se materializan en una variación de la temperatura desde la entrada hasta la salida del tramo, que puede calcularse con la siguiente expresión:

$$T_{fluido,sal} = T_{ext} + (T_{fluido,ent} - T_{ext}) \cdot e^{\frac{-L}{S \cdot \rho \cdot V \cdot C_p \cdot R_l}}$$

Dónde:

- T_{ext} = Temperatura ambiente exterior, en °C
- $T_{fluido,sal}$ = Temperatura del fluido a la salida del conducto, en °C
- $T_{fluido,ent}$ = Temperatura del fluido a la entrada del conducto, en °C
- L = Longitud del tramo de conducto, en m
- S = Área de la sección del conducto, en m²
- V = Velocidad del fluido, en m/s
- ρ = Densidad del fluido, en kg/m³
- C_p = Calor específico del fluido, en J/(Kg·K)
- R_l = Resistencia térmica lineal, en m·K/W

Pérdidas térmicas en el conducto

La cantidad de calor total intercambiado en el tramo es función del caudal del fluido transportado, así como de las temperaturas de entrada y salida:

$$q_w = S \cdot \rho \cdot V \cdot C_p \cdot (T_{fluido,ent} - T_{fluido,sal})$$

Dónde:

- $T_{fluido,sal}$ = Temperatura del fluido a la salida del conducto, en °C
- $T_{fluido,ent}$ = Temperatura del fluido a la entrada del conducto, en °C
- S = Área de la sección del conducto, en m²
- V = Velocidad del fluido, en m/s
- ρ = Densidad del fluido, en kg/m³
- C_p = Calor específico del fluido, en J/(kg·K)

CÁLCULOS ACÚSTICOS

Ruido generado en el ventilador

La potencia acústica de emisión generada en los ventiladores se obtiene a partir de los datos de ensayo del fabricante, o en caso de que estos no estén disponibles, se estiman mediante la fórmula empírica siguiente:

$$L_w = 10 \cdot \log Q + 20 \cdot \log P_{st} + 40$$

Siendo:

- L_w = Nivel de potencia acústica, en dB
- Q = Caudal de aire, en m³/s
- P_{st} = Presión estática en Pa

Dependiendo del tipo de ventilador, axial o centrífugo, se aplican los siguientes factores correctores para obtener la potencia acústica por bandas de octava:

Tipo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Axial	-5	-6	-7	-8	-10
Centrífugo	-7	-12	-17	-22	-27

Atenuación en los conductos

La atenuación de los conductos (también denominada pérdida por inserción) se evalúa mediante la fórmula siguiente:

$$\Delta L = 1,05 \cdot L \cdot (P/S) \cdot \alpha^{1,4}$$

Siendo:

- ΔL = Atenuación acústica, en dB
- L = Longitud del conducto, en m
- P = Perímetro de la sección del conducto, en m
- S = Área de la sección del conducto, en m²
- α = Coeficiente de absorción acústica del material de las paredes del conducto

También se producen atenuaciones acústicas en las singularidades de la red:

Bifurcaciones:

$$\Delta L = 10 \cdot \log(F/F1) \text{ (DTIE 2.03 ATECYR)}$$

Dónde F es el área total de bifurcaciones y $F1$ es la sección de la derivación.

Ensanches:

$$\Delta L = 10 \cdot \log(m+1)^2 / (4 \cdot m) \text{ (DTIE 2.03 ATECYR)}$$

Dónde m es la relación de áreas de entrada y salida.

Codos:

Atenuaciones entre 1 y 3 dB dependiendo de la frecuencia y de las dimensiones del codo. Valores tomados de ábacos obtenidos de forma experimental (Acústica en instalaciones de climatización TROX).

Elementos auxiliares

Todos los elementos auxiliares de la instalación (compuertas, filtros, obstáculos, etc.) provocan ruido regenerado cuando la corriente de aire los atraviesa.

Algunos además tienen la capacidad de reducir los niveles sonoros, como ocurre con los silenciadores, que aumentan la capacidad de atenuación mediante el uso de materiales absorbentes.

Para tener en cuenta estos efectos se recurre a los datos de ensayo aportados por los fabricantes.

Unidades terminales

La potencia acústica emitida por las bocas de salida/entrada de aire se obtiene de los catálogos de sus fabricantes en función del tamaño, velocidad del aire y tipo constructivo.

$$L_{wi} = L_{WR} \cdot Q / Q_R$$

Dónde L_{wi} es el nivel de ruido resultante en dB, L_{WR} es el nivel de ruido para el caudal de referencia Q_R y Q es el caudal nominal.

También se tiene en cuenta la atenuación acústica debida a los fenómenos de reflexión de la onda en las bocas de impulsión.

Nivel sonoro total los locales

El nivel sonoro resultante en un espacio se calcula a partir de los niveles sonoros individuales de cada una de las fuentes situadas en su interior, según la ecuación siguiente:

$$L_{Total} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{wi}}{10}}$$

Dónde n es el número total de fuentes sonoras y los niveles L_i son los debidos a cada una de las fuentes, expresados en dB. Se calcula un valor de L_{Total} para cada banda de octava (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz).

El nivel de presión acústica en cualquier punto del local receptor puede estimarse como superposición de los campos directos y reverberados, mediante las ecuaciones:

Campo acústico directo (dB):

$$L_{p,d} = L_{Total} + 10 \log(q) - 20 \log(d) - 11$$

Campo acústico reverberado (dB):

$$L_{p,r} = L_{Total} + 10 \log(Tr) - 10 \log(V) + 14$$

Campo acústico total (dB):

$$L_{p,tot} = 10 \log(10^{L_{p,d}/10} + 10^{L_{p,r}/10})$$

Siendo:

- q = Directividad de las bocas (semiesférica = 4)
- d = Distancia del receptor a la rejilla en m (se considera 1m)
- V = Volumen del local, en m^3
- Tr = Tiempo de reverberación del local, en s

El tiempo de reverberación del local se determina por medio de la ecuación:

$$Tr = 0,16 \cdot V/A$$

Siendo A la superficie de absorción en m², que por simplicidad se considera igual a la superficie del techo.

Una vez efectuado el cálculo en bandas de octava se efectúa el cálculo del valor global correspondiente utilizando la ponderación A, para verificar el grado de confort o la conformidad con la reglamentación.

Banda octava	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Ponderación base A	-16	-9	-3	0	+1

ANEXO 2: DETALLES DEL CÁLCULO

RECUPERADOR VESTIDORS

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN

A continuación se muestran listados con las principales características y resultados del cálculo de los conductos y unidades terminales de cada subsistema.

SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado

CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR DEL SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado					
	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Presión estática (Pa)	Presión total (Pa)	Temperatura aire (°C)
IMPULSIÓN	4.480,0	4,44	84,32	96,21	16,0
EXTRACCIÓN	5.110,0	4,44	163,97	152,13	27,0
ADMISIÓN	4.480,0	4,15	17,38	7,02	37,6
EXPULSIÓN	5.110,0	4,06	1,39	11,29	25,0
TOTAL			153,53	163,43	

DETALLE DEL CÁLCULO DE CONDUCTOS DEL SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m³/h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPc (Pa)	Pv (Pa)
CON [1-2]	800x400	0,32000	609	1,200	0,371	5.110,0	4,44	0,17	0,53	0,70	0,70
CON [2-3]	400x300	0,12000	377	9,400	18,204	1.870,0	4,33	13,27	6,85	20,13	20,83
CON [3-4]	350x300	0,10500	354	1,200	7,006	1.440,0	3,81	4,35	0,75	5,10	25,93
CON [4-5]	250x250	0,06250	273	0,500	7,233	720,0	3,20	4,47	0,31	4,78	30,71
CON [6-7]	250x250	0,06250	273	2,900	24,669	720,0	3,20	15,26	1,79	17,05	42,98
CON [3-8]	200x200	0,04000	218	2,000	-2,000	430,0	2,99	-1,43	1,43	0,00	20,83
CON [9-10]	150x150	0,02250	164	1,100	8,246	160,0	1,98	3,95	0,53	4,48	25,31
CON [8-11]	200x150	0,03000	189	0,800	5,350	270,0	2,50	3,35	0,50	3,85	24,67
CON [12-13]	100x100	0,01000	109	4,700	3,788	90,0	2,50	4,57	5,67	10,25	34,92
CON [11-14]	150x150	0,02250	164	0,400	3,766	180,0	2,22	2,24	0,24	2,48	27,15
CON [14-15]	100x100	0,01000	109	0,500	2,262	90,0	2,50	2,73	0,60	3,33	30,48
CON [16-17]	100x100	0,01000	109	1,500	7,636	90,0	2,50	9,22	1,81	11,03	38,18
CON [19-20]	600x300	0,18000	457	1,800	65,365	3.240,0	5,00	51,34	1,41	52,76	53,45
CON [20-21]	650x300	0,19500	474	2,400	27,654	3.240,0	4,62	18,19	1,58	19,77	73,22
CON [21-22]	350x300	0,10500	354	2,800	10,424	1.620,0	4,29	8,03	2,16	10,18	83,41
CON [22-23]	250x250	0,06250	273	0,500	6,137	720,0	3,20	3,80	0,31	4,11	87,51
CON [22-24]	300x250	0,07500	299	2,400	12,941	900,0	3,33	7,75	1,44	9,19	92,60
CON [24-25]	250x250	0,06250	273	0,500	8,439	720,0	3,20	5,22	0,31	5,53	98,13
CON [27-28]	150x150	0,02250	164	2,000	23,593	180,0	2,22	14,02	1,19	15,20	107,80
CON [29-30]	100x100	0,01000	109	3,100	7,193	90,0	2,50	8,68	3,74	12,42	120,23
CON [28-31]	100x100	0,01000	109	0,300	2,706	90,0	2,50	3,27	0,36	3,63	111,43
CON [32-33]	350x300	0,10500	354	5,200	33,740	1.620,0	4,29	25,98	4,00	29,98	103,21
CON [33-34]	250x250	0,06250	273	0,500	6,137	720,0	3,20	3,80	0,31	4,11	107,31
CON [33-35]	300x250	0,07500	299	2,400	12,941	900,0	3,33	7,75	1,44	9,19	112,40
CON [35-36]	250x250	0,06250	273	0,500	8,439	720,0	3,20	5,22	0,31	5,53	117,93
CON [37-38]	150x150	0,02250	164	2,000	16,056	180,0	2,22	9,54	1,19	10,73	123,12
CON [38-39]	100x100	0,01000	109	0,500	2,262	90,0	2,50	2,73	0,60	3,33	126,46
CON [40-41]	100x100	0,01000	109	3,100	7,636	90,0	2,50	9,22	3,74	12,96	136,08
CON [42-43]	700x400	0,28000	572	2,200	0,540	4.480,0	4,44	0,26	1,07	1,33	1,33
CON [43-44]	600x300	0,18000	457	1,000	15,084	2.880,0	4,44	9,80	0,65	10,45	11,78
CON [47-48]	300x300	0,09000	328	2,500	59,497	1.440,0	4,44	54,92	2,31	57,23	69,01
CON [50-51]	300x300	0,09000	328	9,300	33,337	1.440,0	4,44	30,77	8,59	39,36	51,14
CON [52-53]	350x300	0,10500	354	5,200	19,902	1.600,0	4,23	15,36	4,01	19,37	20,70
CON [56-57]	150x150	0,02250	164	7,300	24,724	160,0	1,98	12,15	3,59	15,74	36,44
CON [58-59]	300x300	0,09000	328	2,900	16,830	1.440,0	4,44	15,54	2,68	18,21	38,91
CON [60-61]	700x500	0,35000	644	4,100	0,000	5.110,0	4,06	0,00	1,39	1,39	1,39
CON [62-63]	600x500	0,30000	598	4,100	0,000	4.480,0	4,15	0,00	1,53	1,53	1,53

DETALLE DEL CÁLCULO DE UNIDADES TERMINALES DEL SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m³/h)	Q real (m³/h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	DPe (Pa)	DPv (Pa)
BR [5]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	115,69	36,44
BR [7]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	103,42	48,71
BR [10]	DMT 250x100	160,0	160,0	40	0,01300	3,42	0,22	5,20	121,40	30,73
BR [13]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	101,16	50,97
BR [15]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	105,60	46,53
BR [17]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	97,91	54,23
BR [23]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	58,89	93,25
BR [25]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	48,27	103,86
BR [30]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	15,86	136,27
BR [31]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	24,65	127,48
BR [34]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	39,09	113,05
BR [36]	DMT 500x200	720,0	720,0	41	0,05700	3,51	0,27	5,46	28,47	123,66
BR [39]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	9,63	142,51
BR [41]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,20	15,85	0,00	152,13
BI [48]	CTM-AN 700x200	1.440,0	1.440,0	42	0,10200	3,92	3,23	23,96	0,00	96,21
BI [51]	CTM-AN 700x200	1.440,0	1.440,0	42	0,10200	3,92	3,23	23,96	17,87	78,33
BI [57]	CTM-AN 200x100	160,0	160,0	35	0,01300	3,42	0,16	18,13	41,48	54,73
BI [59]	CTM-AN 700x200	1.440,0	1.440,0	42	0,10200	3,92	3,23	23,96	30,10	66,11
DES [61]	700,00x500,00 mm	5.110,0	5.110,0	34	0,35000	4,06	0,00	9,90	0,00	11,29
TOM [63]	600,00x500,00 mm L=250,00 mm	4.480,0	4.480,0	26	0,30000	4,15	0,00	5,49	0,00	7,02

Abreviaturas

Ø eqv.: Diámetro equivalente Long: Longitud del conducto Leqv: Longitud equivalente de las transformaciones Q Nom.: Caudal nominal Q real: Caudal real Nivel s.: Nivel sonoro individual regenerado en el elemento S Sal./S Ent.: Área efectiva de salida/entrada V Sal./V Ent.: Velocidad de salida/entrada	DPf: Pérdida de presión por fricción en conductos DPs: Pérdida de presión total en la transformación de entrada DPc: Pérdida de presión total en el tramo de conducto DPb: Pérdida de presión total en la unidad terminal o compuerta DPe: Pérdida de presión total en la compuerta de equilibrado DPv: Pérdida de presión total desde el ventilador
---	---

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS TÉRMICAS

Las siguientes tablas contienen el detalle del cálculo de pérdidas térmicas en los conductos de cada subsistema.

SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado

PÉRDIDAS TÉRMICAS. CONDUCTOS DEL SUBSISTEMA Recuperador de placas flujo cruzado									
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Veloc. (m/s)	aislam. (W/m °C)	Espesor aislam. (mm)	Situación, instalación y posición	Temperatura fluido ambiente (°C)	Coefficiente transmisión (W/m² °C)	Longitud del tramo (m)	Pérdida térmicas (W)
CON [42-43]	700x400	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,0 / 27,0	1,0104	2,200	56,1
CON [43-44]	600x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,0 / 27,0	1,0153	1,000	21,1
CON [44-45]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,1 / 27,0	1,0263	0,600	8,8
CON [45-46]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/V	16,1 / 27,0	1,0262	0,250	3,6
CON [46-47]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,1 / 27,0	1,0262	1,400	20,3
CON [47-48]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/V	16,1 / 27,0	1,0262	0,250	3,6
CON [44-49]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,1 / 27,0	1,0263	8,200	118,4
CON [49-50]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,3 / 27,0	1,0261	0,600	8,6
CON [50-51]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/V	16,3 / 27,0	1,0260	0,500	7,1
CON [43-52]	350x300	4,23	0,0320	25,00	FT/H	16,0 / 27,0	1,0209	4,200	65,4
CON [52-53]	350x300	4,23	0,0320	25,00	FT/H	16,2 / 27,0	1,0208	1,000	15,5
CON [53-54]	150x150	1,98	0,0320	25,00	FT/H	16,2 / 27,0	0,9896	1,400	10,4
CON [54-55]	150x150	1,98	0,0320	25,00	FT/V	16,4 / 27,0	0,9894	0,200	1,5
CON [55-56]	150x150	1,98	0,0320	25,00	FT/H	16,4 / 27,0	0,9894	5,400	38,3
CON [56-57]	150x150	1,98	0,0320	25,00	FT/V	17,1 / 27,0	0,9887	0,300	2,0
CON [53-58]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/H	16,2 / 27,0	1,0262	2,400	34,5
CON [58-59]	300x300	4,44	0,0320	25,00	FT/V	16,3 / 27,0	1,0261	0,500	7,2
Pérdidas totales (Pt)									422,5

Potencia térmica transportada por el equipo «Recuperador de placas flujo cruzado»:

$$P_v = \rho \cdot C_p \cdot Q_n \cdot (T_r - T_i) = 19.024,7 \text{ W}$$

Porcentaje de pérdidas térmicas en el subsistema:

$$P_t / P_v \cdot 100,0 = 422,5 / 19.024,7 \cdot 100,0 = \mathbf{2,2 \%} < 4 \%$$

Dónde:

- ρ = Densidad del aire 1,204 Kg/m³
- C_p = Capacidad calorífica del aire 1012,0 J/(kg K)
- Q_n = Caudal de diseño del ventilador 5.110,0 m³/h
- T_r = Temperatura del aire en el retorno 27,0 °C
- T_i = Temperatura del aire en la impulsión 16,0 °C

Abreviaturas	
<ul style="list-style-type: none"> • EX = El conducto discurre por el exterior del edificio • AC = En el interior de locales acondicionados • NA = En el interior de locales no acondicionados • AP = En aparcamientos y patinillos ventilados • FT = En falsos techos y patinillos sin ventilar • E = Conducto empotrado en tabiques y suelos o en canaletas interiores 	<ul style="list-style-type: none"> • S = Conducto suspendido mediante soportes no aislados • R = Revestimiento metálico exterior • V = Conducto en posición vertical (más de 60° con la horizontal) • H = Conducto en instalación horizontal • Pérdidas de calor (valores positivos) • Ganancias de calor (valores negativos) • Cálculos

VENTILACIÓ CAMBRES HIGIÈNIQUES P1

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN

A continuación se muestran listados con las principales características y resultados del cálculo de los conductos y unidades terminales de cada subsistema.

SUBSISTEMA Extractor en línea

CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR DEL SUBSISTEMA EXTRACTOR EN LÍNEA					
	Caudal (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Presión estática (Pa)	Presión total (Pa)	Temperatura aire (°C)
EXPULSIÓN	900,0	4,00	17,84	27,47	16,0
EXTRACCIÓN	900,0	4,00	59,28	49,65	27,0
TOTAL			67,49	77,12	

DETALLE DEL CÁLCULO DE CONDUCTOS DEL SUBSISTEMA EXTRACTOR EN LÍNEA											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	ΔPs (Pa)	ΔPf (Pa)	ΔPc (Pa)	Pv (Pa)
CON [1-2]	Ø250	0,04909	250	7,775	0,249	900,0	5,09	0,37	11,49	11,86	11,86
CON [3-4]	Ø250	0,04909	250	1,600	1,534	900,0	5,09	2,21	2,31	4,52	4,52
CON [4-5]	Ø250	0,04909	250	1,400	6,750	630,0	3,57	5,08	1,05	6,14	10,65
CON [5-6]	Ø150	0,01767	150	0,597	4,257	270,0	4,24	8,21	1,15	9,36	20,02
CON [6-7]	Ø150	0,01767	150	0,500	-0,500	90,0	1,41	-0,13	0,13	0,00	20,02
CON [6-8]	Ø150	0,01767	150	0,800	3,640	180,0	2,83	3,36	0,74	4,09	24,11
CON [8-9]	Ø150	0,01767	150	0,500	8,524	90,0	1,41	2,23	0,13	2,36	26,47
CON [10-11]	Ø150	0,01767	150	1,300	13,444	90,0	1,41	3,51	0,34	3,85	27,96
CON [5-12]	Ø200	0,03142	200	0,800	7,075	360,0	3,18	5,69	0,64	6,33	16,99
CON [12-13]	Ø150	0,01767	150	0,500	-0,500	90,0	1,41	-0,13	0,13	0,00	16,99
CON [12-14]	Ø200	0,03142	200	1,803	4,217	270,0	2,39	2,01	0,86	2,87	19,86
CON [14-15]	Ø150	0,01767	150	0,500	-0,467	90,0	1,41	-0,12	0,13	0,01	19,87
CON [14-16]	Ø150	0,01767	150	0,997	4,171	180,0	2,83	3,85	0,92	4,76	24,62
CON [16-17]	Ø150	0,01767	150	0,500	8,524	90,0	1,41	2,23	0,13	2,36	26,98
CON [18-19]	Ø150	0,01767	150	1,500	13,444	90,0	1,41	3,51	0,39	3,90	28,52
CON [20-21]	Ø150	0,01767	150	2,600	8,358	270,0	4,24	16,12	5,01	21,13	25,65
CON [21-22]	Ø150	0,01767	150	0,500	-0,500	90,0	1,41	-0,13	0,13	0,00	25,65
CON [21-23]	Ø150	0,01767	150	1,000	3,640	180,0	2,83	3,36	0,92	4,28	29,93
CON [23-24]	Ø150	0,01767	150	0,500	8,524	90,0	1,41	2,23	0,13	2,36	32,29
CON [25-26]	Ø150	0,01767	150	1,300	13,444	90,0	1,41	3,51	0,34	3,85	33,78

DETALLE DEL CÁLCULO DE UNIDADES TERMINALES DEL SUBSISTEMA EXTRACTOR EN LÍNEA										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m ³ /h)	Q real (m ³ /h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m ²)	V Sal. (m/s)	ΔPs (Pa)	ΔPb (Pa)	ΔPe (Pa)	ΔPv (Pa)
DES [2]	Ø250,00 mm	900,0	900,0	32	0,04909	5,09	0,00	15,61	0,00	27,47
BR [7]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	13,77	35,88
BR [9]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	7,31	42,33

BR [11]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	5,82	43,83
BR [13]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	16,79	32,86
BR [15]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	13,92	35,73
BR [17]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	6,80	42,85
BR [19]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	5,26	44,39
BR [22]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	8,13	41,52
BR [24]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	1,49	48,15
BR [26]	GPD-150	90,0	90,0	17	0,02800	0,89	0,01	15,85	0,00	49,65

Abreviaturas										
Ø eqv.: Diámetro equivalente Long: Longitud del conducto Leqv: Longitud equivalente de las transformaciones Q Nom.: Caudal nominal Q real: Caudal real Nivel s.: Nivel sonoro individual regenerado en el elemento S Sal./S Ent.: Área efectiva de salida/entrada V Sal./V Ent.: Velocidad de salida/entrada					ΔPf: Pérdida de presión por fricción en conductos ΔPs: Pérdida de presión total en la transformación de entrada ΔPc: Pérdida de presión total en el tramo de conducto ΔPb: Pérdida de presión total en la unidad terminal o compuerta ΔPe: Pérdida de presión total en la compuerta de equilibrado ΔPv: Pérdida de presión total desde el ventilador					

VENTILACIÓ DESPATXOS

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN

A continuación se muestran listados con las principales características y resultados del cálculo de los conductos y unidades terminales de cada subsistema.

SUBSISTEMA Aportació en línea

CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR DEL SUBSISTEMA Aportació en línea					
	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Presión estática (Pa)	Presión total (Pa)	Temperatura aire (°C)
EXPULSIÓN	630,0	3,50	35,34	42,71	16,0
EXTRACCIÓN	630,0	2,80	13,44	8,73	27,0
TOTAL			44,06	51,43	

DETALLE DEL CÁLCULO DE CONDUCTOS DEL SUBSISTEMA Aportació en línea											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m³/h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPc (Pa)	Pv (Pa)
CON [1-2]	Ø250	0,04909	250	0,387	1,439	630,0	3,57	1,08	0,29	1,38	1,38
CON [3-4]	250x200	0,05000	244	0,988	0,000	630,0	3,50	0,00	0,85	0,85	0,85
CON [4-5]	150x150	0,02250	164	0,800	13,277	180,0	2,22	8,09	0,49	8,57	9,42
CON [5-6]	150x300	0,04500	228	0,500	7,740	180,0	1,11	0,94	0,06	1,00	10,43
CON [4-7]	200x150	0,03000	189	1,200	4,265	450,0	4,17	6,93	1,95	8,88	9,73
CON [8-9]	150x150	0,02250	164	3,400	13,982	270,0	3,33	17,81	4,33	22,14	31,87
CON [9-10]	150x300	0,04500	228	0,500	8,326	270,0	1,67	2,11	0,13	2,24	34,12
CON [7-11]	150x100	0,01500	133	0,400	0,572	180,0	3,33	0,96	0,67	1,63	11,36
CON [11-12]	150x300	0,04500	228	0,500	8,010	180,0	1,11	0,97	0,06	1,03	12,39

DETALLE DEL CÁLCULO DE UNIDADES TERMINALES DEL SUBSISTEMA Aportació en línea										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m³/h)	Q real (m³/h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	DPe (Pa)	DPv (Pa)
TOM [2]	Ø250,00 mm L=250,00 mm	630,0	630,0	21	0,04909	3,57	0,00	7,35	0,00	8,73
BI [6]	CTM-AN 300x150	180,0	180,0	17	0,03200	1,56	0,02	3,80	28,46	14,24
BI [10]	CTM-AN 300x150	270,0	270,0	25	0,03200	2,34	0,04	8,56	0,00	42,71
BI [12]	CTM-AN 300x150	180,0	180,0	17	0,03200	1,56	0,02	3,80	26,50	16,21

SUBSISTEMA Extractor en línea

CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR DEL SUBSISTEMA Extractor en línea					
	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Presión estática (Pa)	Presión total (Pa)	Temperatura aire (°C)
EXPULSIÓN	630,0	2,80	3,41	8,13	16,0
EXTRACCIÓN	630,0	3,50	68,99	61,61	27,0
TOTAL			65,02	69,74	

DETALLE DEL CÁLCULO DE CONDUCTOS DEL SUBSISTEMA Extractor en línea											
Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long. (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Veloc. (m/s)	DPs (Pa)	DPf (Pa)	DPc (Pa)	Pv (Pa)
CON [1-2]	Ø250	0,04909	250	0,387	0,234	630,0	3,57	0,18	0,30	0,48	0,48
CON [4-5]	250x200	0,05000	244	6,388	12,646	630,0	3,50	10,63	5,37	16,00	16,00
CON [6-7]	300x150	0,04500	228	0,897	9,725	180,0	1,11	1,15	0,11	1,26	17,26
CON [5-8]	150x150	0,02250	164	2,600	3,160	450,0	5,56	9,95	8,19	18,14	34,14
CON [9-10]	300x150	0,04500	228	0,897	13,433	180,0	1,11	1,59	0,11	1,70	35,83
CON [8-11]	100x150	0,01500	133	0,998	3,837	270,0	5,00	13,09	3,41	16,50	50,64
CON [12-13]	300x150	0,04500	228	0,897	26,381	270,0	1,67	6,54	0,22	6,76	57,39

DETALLE DEL CÁLCULO DE UNIDADES TERMINALES DEL SUBSISTEMA Extractor en línea										
Ref.	Dimensiones (Horz.xVert.) ó Ø (mm)	Q Nom. (m³/h)	Q real (m³/h)	Nivel s. (dBA)	S Sal. (m²)	V Sal. (m/s)	DPs (Pa)	DPb (Pa)	DPe (Pa)	DPv (Pa)
DES [2]	Ø250,00 mm	630,0	630,0	22	0,04909	3,57	0,00	7,65	0,00	8,13
BR [7]	DMT 300x150	180,0	180,0	23	0,02500	2,00	0,10	1,78	42,48	19,13
BR [10]	DMT 300x150	180,0	180,0	23	0,02500	2,00	0,10	1,78	23,90	37,71
BR [13]	DMT 300x150	270,0	270,0	35	0,02500	3,00	0,22	4,00	0,00	61,61

Abreviaturas

Ø eqv.: Diámetro equivalente
Long: Longitud del conducto
Leqv: Longitud equivalente de las transformaciones
Q Nom.: Caudal nominal
Q real: Caudal real
Nivel s.: Nivel sonoro individual regenerado en el elemento
S Sal./S Ent.: Área efectiva de salida/entrada
V Sal./V Ent.: Velocidad de salida/entrada

DPf: Pérdida de presión por fricción en conductos
DPs: Pérdida de presión total en la transformación de entrada
DPc: Pérdida de presión total en el tramo de conducto
DPb: Pérdida de presión total en la unidad terminal o compuerta
DPe: Pérdida de presión total en la compuerta de equilibrado
DPv: Pérdida de presión total desde el ventilador

2.5- Xarxa de Bies

Bases de cálculo

Sistema de bocas de incendio equipadas (BIE)

La instalación de BIE se dimensiona para proporcionar, durante el tiempo establecido, como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las BIE y/o CHE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica adecuada en cualquiera de esos equipos.

Será de aplicación el apartado 4 del Anexo I del RIPCI según el cual la red de tuberías deberá proporcionar durante una hora, como mínimo, el caudal descargado por las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, a una presión dinámica a su entrada comprendida entre un mínimo de 300 kPa y un máximo de 600 kPa.

Las condiciones anteriores son equivalentes a que la presión dinámica a la salida por la boquilla sea de 2 bar (RIPCI, Guía técnica de aplicación. Revisión 2).

Teniendo en cuenta que los diámetros de orificio definidos en las normas UNE de aplicación son 10 mm para las BIE de 25 mm y 13 mm para las BIE de 45 mm, y aplicando la ecuación de Torricelli para la descarga a través de un orificio, se obtiene unos caudales de descarga máximos de 94,31 l/min y 159,38 l/min respectivamente.

$$Q = C_d \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot P}$$

Donde:

- Q : caudal, en m³/s;
- S : sección del orificio, en m²;
- g : aceleración de la gravedad (9,81 m/s²);
- P : presión en el orificio, en m.c.a;
- C_d : coeficiente de descarga (1,0).
-

Metodología de cálculos hidráulicos

El cálculo de caudales en las ramas y presiones en los nudos se realiza planteando un sistema matricial basado en las ecuaciones siguientes:

- La suma algebraica de las pérdidas de carga en cualquier anillo será igual a (0 ± 1) mbar.
- La presión resultante en cada nudo o unión se equilibrará con precisión igual a ± 1 mbar.
- La suma algebraica de caudales en cualquier nudo será igual a $(0 \pm 0,1)$ l/min.

Las pérdidas de carga por fricción en las tuberías se determinan usando la fórmula de Hazen-Williams:

$$P = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85}$$

Donde:

- P : pérdida de carga en la tubería, en bar;
- Q : caudal a través de la tubería, en litros por minuto;
- C : constante para el tipo y condición de la tubería;
- d : diámetro interior medio de la tubería, en milímetros;
- L : longitud equivalente de tubería y accesorios, en metros.

La diferencia de presión estática entre dos puntos interconectados en un sistema se calcula como:

$$P = 0,098 \times h$$

Donde:

- P : diferencia de presión estática, en bar;
- h : distancia vertical entre los puntos, en metros.

La pérdida de carga debida a la fricción en válvulas, y en accesorios donde la dirección de flujo de agua cambia en 45° o más, se calcula usando la fórmula de Hazen-Williams para una longitud equivalente igual a la establecida en la Tabla 23 de la norma UNE-EN-12845, teniendo en cuenta tanto el diámetro de cada tubería como la constante C por tipo y condición del material.

El caudal de cada rociador, BIE o CHE se determina por la ecuación:

$$Q = K \times \sqrt{P}$$

Donde:

- Q: caudal de salida, en litros por minuto;
- K: constante de descarga según tipo de dispositivo;
- P: Presión a la entrada, en bar.

El dimensionado de las tuberías y del equipo de bombeo se ha realizado teniendo en cuenta que la velocidad del agua no supere 2,500 m/s en los tramos que alimentan a BIE o CHE, y 6,000 m/s en cualquier válvula.

Los efectos de la presión dinámica se consideran despreciables.

Los anexos con el detalle de los cálculos hidráulicos muestran de forma tabulada los resultados para las hipótesis más favorable y más desfavorable de cada zona o sector de incendios.

Para cada hipótesis de funcionamiento simultáneo de BIE y/o CHE se imprime junto a su referencia, la presión de entrada en el equipo, presión en punta de lanza o boquilla, la altura sobre el nivel de referencia, el caudal y la constante de descarga.

Los anexos de cálculo también muestran los resultados de los cálculos hidráulicos para cada tramo de tubería y válvula: Diámetro nominal e interior, longitud real y equivalente, caudal, velocidad, pérdida de carga unitaria y pérdida de carga total, así como un listado con los accesorios de cada nudo y la longitud equivalente que se ha empleado en el cálculo.

Resumen de resultados por hipótesis de funcionamiento

A continuación, se muestran las tablas con el resumen de los resultados por cada hipótesis de funcionamiento, indicando los dispositivos en operación en cada caso, así como las presiones a la entrada y salida, caudales de descarga y presión mínima necesaria en el abastecimiento.

RESULTADOS HIPÓTESIS FUNCIONAMIENTO BIES/CHEs									
Hipótesis Referencia	Dispositivos en operación	Número de dispositivos	Dispositivo presión mínima	Presión mínima entrada (bar)	Presión mínima salida (bar)	Caudal total descarga (l/min)	Capacidad necesaria (m³)	Presión necesaria (bar)	Presión abastecimiento (bar)
SECTOR UNICO Hip1	BIE [44] + BIE [23]	2	BIE [44]	5,328	2,089	197	11,8	5,768	6,000
SECTOR UNICO Hip2	BIE [44] + BIE [34]	2	BIE [44]	5,329	2,089	197	11,8	5,767	6,000
SECTOR UNICO Hip5	BIE [15] + BIE [44]	2	BIE [44]	5,341	2,094	197	11,8	5,755	6,000
SECTOR UNICO Hip8	BIE [38] + BIE [44]	2	BIE [44]	5,328	2,089	197	11,8	5,768	6,000
SECTOR UNICO Hip12	BIE [51] + BIE [44]	2	BIE [44]	5,360	2,102	198	11,9	5,735	6,000
SECTOR UNICO Hip15	BIE [27] + BIE [23]	2	BIE [27]	5,306	2,079	197	11,8	5,791	6,000
SECTOR UNICO Hip16	BIE [27] + BIE [34]	2	BIE [27]	5,298	2,076	196	11,8	5,799	6,000
SECTOR UNICO Hip17	BIE [27] + BIE [44]	2	BIE [27]	5,322	2,086	194	11,6	5,774	6,000
SECTOR UNICO Hip18	BIE [27] + BIE [15]	2	BIE [27]	5,332	2,090	197	11,8	5,764	6,000
SECTOR UNICO Hip19	BIE [27] + BIE [38]	2	BIE [27]	5,316	2,083	197	11,8	5,781	6,000
SECTOR UNICO Hip20	BIE [27] + BIE [51]	2	BIE [27]	5,352	2,098	198	11,9	5,743	6,000
SECTOR UNICO Hip23	BIE [18] + BIE [44]	2	BIE [44]	5,331	2,090	197	11,8	5,765	6,000
SECTOR UNICO Hip27	BIE [18] + BIE [27]	2	BIE [27]	5,323	2,086	197	11,8	5,774	6,000
SECTOR UNICO Hip28	BIE [41] + BIE [23]	2	BIE [41]	5,296	2,075	197	11,8	5,801	6,000
SECTOR UNICO Hip29	BIE [41] + BIE [34]	2	BIE [41]	5,297	2,076	196	11,8	5,801	6,000
SECTOR UNICO Hip30	BIE [41] + BIE [44]	2	BIE [41]	5,303	2,078	194	11,6	5,795	6,000
SECTOR UNICO Hip31	BIE [41] + BIE [15]	2	BIE [41]	5,313	2,082	197	11,8	5,784	6,000
SECTOR UNICO Hip32	BIE [41] + BIE [38]	2	BIE [41]	5,285	2,070	197	11,8	5,814	6,000
SECTOR UNICO Hip33	BIE [41] + BIE [51]	2	BIE [41]	5,332	2,090	198	11,9	5,764	6,000
SECTOR UNICO Hip34	BIE [41] + BIE [27]	2	BIE [41]	5,299	2,076	194	11,6	5,799	6,000
SECTOR UNICO Hip35	BIE [41] + BIE [18]	2	BIE [41]	5,303	2,078	197	11,8	5,794	6,000
SECTOR UNICO Hip0	BIE [34] + BIE [23]	2	BIE [34]	5,589	2,185	199	12,0	5,506	6,000
SECTOR UNICO Hip3	BIE [15] + BIE [23]	2	BIE [15]	5,666	2,216	200	12,0	5,431	6,000
SECTOR UNICO Hip4	BIE [15] + BIE [34]	2	BIE [34]	5,616	2,195	200	12,0	5,481	6,000
SECTOR UNICO Hip6	BIE [38] + BIE [23]	2	BIE [38]	5,675	2,219	200	12,0	5,423	6,000
SECTOR UNICO Hip7	BIE [38] + BIE [34]	2	BIE [34]	5,600	2,189	199	12,0	5,496	6,000
SECTOR UNICO Hip9	BIE [38] + BIE [15]	2	BIE [15]	5,666	2,216	200	12,0	5,431	6,000
SECTOR UNICO Hip10	BIE [51] + BIE [23]	2	BIE [23]	5,719	2,236	201	12,1	5,383	6,000
SECTOR UNICO Hip11	BIE [51] + BIE [34]	2	BIE [34]	5,635	2,204	200	12,0	5,460	6,000
SECTOR UNICO Hip13	BIE [51] + BIE [15]	2	BIE [15]	5,686	2,223	201	12,0	5,413	6,000
SECTOR UNICO Hip14	BIE [51] + BIE [38]	2	BIE [38]	5,711	2,233	201	12,1	5,390	6,000
SECTOR UNICO Hip21	BIE [18] + BIE [23]	2	BIE [23]	5,690	2,225	200	12,0	5,410	6,000
SECTOR UNICO Hip22	BIE [18] + BIE [34]	2	BIE [34]	5,606	2,192	200	12,0	5,490	6,000
SECTOR UNICO Hip24	BIE [18] + BIE [15]	2	BIE [15]	5,666	2,216	200	12,0	5,432	6,000

SECTOR UNICO Hip25	BIE [18] + BIE [38]	2	BIE [38]	5,682	2,222	200	12,0	5,417	6,000
SECTOR UNICO Hip26	BIE [18] + BIE [51]	2	BIE [18]	5,726	2,239	201	12,1	5,377	6,000

Resumen de tuberías por grupos de tramos

A continuación, se muestra un resumen con los resultados del dimensionado de la red de tuberías.

GRUPOS DE TRAMOS		
Referencia	Diámetro	Material
Tubería de aspiración	ø2 1/2"	Acero negro M Serie media
Tubería sin grupo diámetro mínimo	ø1 1/4"	Acero negro M Serie media
Tubería sin grupo diámetro máximo	ø2 1/2"	Acero negro M Serie media

Resumen de resultados en dispositivos de descarga

Las siguientes tablas muestran las condiciones de funcionamiento de todos los dispositivos de descarga de agua definidos en la instalación y que han intervenido en alguna de las hipótesis de cálculo. Aparecen agrupados en función a la Zona de Rociadores o al Sectores de Incendios en el que están incluidos.

Cuando aparecen dos valores de presión o caudal separados por barra '/' se está haciendo referencia a los resultados en las dos hipótesis con funcionamiento extremo.

BIES / CHES EN FUNCIONAMIENTO. SECTOR UNICO					
Referencia	Tipo	Factor K	Presión entrada mín / máx (bar)	Presión salida mín / máx (bar)	Caudal descarga mín / máx (l/min)
BIE [41]	BIE-25	42	5,296 / 5,347	2,070 / 2,090	97 / 97
BIE [18]	BIE-25	42	5,726 / 5,726	2,228 / 2,239	100 / 101
BIE [27]	BIE-25	42	5,311 / 5,368	2,076 / 2,098	97 / 97
BIE [51]	BIE-25	42	5,738	2,244	101
BIE [38]	BIE-25	42	5,668 / 5,712	2,216 / 2,233	100 / 100
BIE [15]	BIE-25	42	5,670 / 5,687	2,216 / 2,223	100 / 100
BIE [44]	BIE-25	42	5,343 / 5,376	2,089 / 2,102	97 / 97
BIE [34]	BIE-25	42	5,588 / 5,638	2,184 / 2,204	99 / 100
BIE [23]	BIE-25	42	5,677 / 5,720	2,219 / 2,236	100 / 100