

# Dimensionament i verificació de les instal·lacions elèctriques d'interior de locals, oficines i indústries

Juan Manuel Borromeo Macareno

**Adaptació de continguts:** Yolanda Parejo Romero, Joseba Zubiaurre Luso

Instal·lacions elèctriques d'interior



**Índex**

<b>Introducció</b>	<b>5</b>
<b>Resultats d'aprenentatge</b>	<b>7</b>
<b>1 Il·luminació d'interiors. Càlcul lumínic</b>	<b>11</b>
1.1 La llum	11
1.1.1 Transmissió de la llum	12
1.1.2 Producció de la llum	13
1.2 Magnituds lluminoses fonamentals	16
1.2.1 Flux lluminós o potència lluminosa	16
1.2.2 Rendiment lluminós	17
1.2.3 Energia lluminosa o quantitat de llum	18
1.2.4 Intensitat lluminosa	18
1.2.5 Il·luminació	20
1.2.6 Luminància	21
1.2.7 Reflexió, transmissió i absorció de la llum	22
1.3 Luminàries	23
1.3.1 Classificació de les lluminàries segons el funcionament de la làmpada	23
1.3.2 Classificació de les lluminàries segons la seva distribució	25
1.4 Càlcul d'enllumenat interior	25
1.4.1 Il·luminació mitjana	26
1.4.2 Rendiment de la il·luminació	27
1.4.3 Factor de conservació de la instal·lació	30
1.4.4 Nombre de punts de llum	31
1.4.5 Exemple de càlcul d'enllumenat	31
<b>2 Instal·lacions elèctriques interiors en locals comercials, d'oficines i indústries</b>	<b>33</b>
2.1 Sistemes d'instal·lacions elèctriques en locals, oficines i indústries	33
2.1.1 Instal·lació elèctrica amb tub	33
2.1.2 Instal·lació fixa de tubs en superfície	36
2.1.3 Instal·lació fixa de tubs encastats	37
2.1.4 Instal·lació elèctrica amb safata	38
2.1.5 Instal·lacions elèctriques amb canal protectora	39
2.1.6 Instal·lació elèctrica amb canal motllura	40
2.1.7 Instal·lació elèctrica amb sòcol tècnic	41
2.1.8 Instal·lació elèctrica amb canalitzacions prefabricades	42
2.2 Conductors elèctrics per a instal·lacions de locals, oficines i indústries	42
2.2.1 Secció dels conductors. Caigudes de tensió	43
2.2.2 Intensitats màximes admissibles	44
2.3 Conductors de protecció	45
2.4 Elements i mecanismes en les instal·lacions interiors d'oficines i locals comercials	46
2.4.1 Preses de corrent	47
2.5 Quadres primaris i secundaris de comandament i protecció	48

2.5.1	Quadre general de comandament i protecció . . . . .	48
2.5.2	Quadres secundaris de comandament i protecció . . . . .	49
2.6	Elements d'instal·lacions comunes en edificis d'oficines i comercials . . . . .	49
2.6.1	Automàtic d'escala en instal·lacions comunes en edificis d'oficines i comercials . . . . .	50
2.6.2	Relé teleruptor . . . . .	51
2.6.3	Detector de moviment i presència . . . . .	52
2.6.4	Interruptor crepuscular . . . . .	52
2.6.5	Rellotge horari . . . . .	53
<b>3</b>	<b>Disseny d'instal·lacions elèctriques d'interior en locals, oficines i indústries</b>	<b>55</b>
3.1	Dades inicials i especificació del client . . . . .	55
3.2	Dades del client . . . . .	55
3.3	Planejament de la instal·lació . . . . .	57
3.4	Previsió de càrregues . . . . .	57
3.5	Càlculs de les línies elèctriques . . . . .	58
3.5.1	Càlcul de la intensitat de disseny de cada circuit . . . . .	58
3.5.2	Secció mínima del conductor per caiguda màxima de tensió . . . . .	59
3.5.3	Intensitat màxima admissible del conductor . . . . .	60
3.6	Dimensionament de les proteccions de la línia . . . . .	63
3.7	Caiguda de tensió de la línia . . . . .	63
3.8	Exemple de disseny d'una indústria del sector metal·lúrgic . . . . .	64
3.8.1	Planejament de la instal·lació . . . . .	65
3.8.2	Previsió de càrregues . . . . .	65
3.8.3	Càlcul de les línies elèctriques . . . . .	66
3.9	Verificació de les instal·lacions elèctriques . . . . .	70
3.9.1	Verificació per examen . . . . .	70
3.9.2	Verificacions mitjançant mesuraments o assajos . . . . .	71
3.10	Manteniment de les instal·lacions elèctriques . . . . .	80
3.10.1	Inspeccions de les instal·lacions . . . . .	81
3.10.2	Revisions de les instal·lacions . . . . .	81

## Introducció

Les instal·lacions d'oficines, comerços i indústries no són iguals a les destinades a habitatges; per aquest motiu, l'instal·lador ha de conèixer aquests tipus d'instal·lacions. Hi ha molts mètodes d'instal·lació que es poden aplicar en indústries i oficines. És important que l'instal·lador conegui els mètodes més comuns per poder dissenyar més bé una instal·lació futura.

Els mètodes d'instal·lació i la reglamentació oportuna a l'hora d'executar-la han de ser ben coneguts per tot bon instal·lador.

En el disseny d'una instal·lació industrial o d'oficines, els càlculs de línies i l'elecció de les proteccions adients és un feina molt important, ja que un error de càlcul pot provocar un accident greu. Molts instal·ladors, a partir de l'experiència que tenen, poden escollir les proteccions i les seccions dels conductors sense fer cap comprovació, però cada instal·lació d'aquest tipus és diferent i sempre apareix una línia que alimenta un receptor que pot fer dubtar fins i tot l'instal·lador més experimentat. En aquesta unitat, les eines que es donen serveixen per poder escollir les seccions i les proteccions d'una manera exacta.

En aquesta unitat s'ensenyarà a dissenyar una instal·lació industrial, d'oficines i comercial. L'objectiu és poder donar les eines necessàries per poder instal·lar, mantenir i donar d'alta una instal·lació d'oficines o una indústria.

En l'apartat "II·luminació d'interiors. Càlcul lumínic", s'expliquen els efectes de la llum, les magnituds lluminoses, els tipus de lluminàries i el càlcul lumínic. És imprescindible saber la potència que es necessita en un enllumenat mitjançant un estudi luminotècnic.

En l'apartat "Instal·lacions elèctriques en locals comercials d'oficines i indústries", es veuran les maneres més comunes d'instal·lar en oficines, indústries i comerços. Es relacionen els sistemes d'instal·lació amb la normativa i la reglamentació vigent. També es veuran els elements més habituals que s'instal·len en aquest tipus d'instal·lació.

En l'apartat "Disseny d'instal·lacions elèctriques d'interiors en locals, oficines i indústries", es veuran els passos que cal seguir per poder dissenyar una instal·lació industrial i d'oficines. Primerament s'han de recollir les dades relatives a la instal·lació i conèixer exactament les dades del client. Una fitxa ens ajudarà a recollir la informació necessària per posteriorment tramitar la instal·lació. També s'ha d'elaborar una memòria tècnica que l'instal·lador ha de lliurar a l'entitat certificadora. Per poder emplenar la memòria tècnica, l'instal·lador ha de fer uns càlculs el resultat dels quals s'ha de reflectir en una taula que ha de lliurar.

En primer lloc l'alumne ha d'aprendre a fer un estudi luminotècnic per determinar el nombre d'elements necessaris d'enllumenat. També ha de conèixer els sistemes

i els elements per poder dissenyar una instal·lació d'oficines, comercial o industrial i fer els càlculs necessaris per poder determinar les seccions dels conductors i saber escollir les proteccions adients. Tot, amb l'ajuda dels coneixements previs de les unitats anteriors del mòdul. Al final d'aquesta activitat hi ha un exemple d'instal·lació d'una nau industrial del sector metal·lúrgic sense acabar de resoldre perquè l'alumne el completi.

## Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne/a:

1. Munta la instal·lació elèctrica d'un local de pública concurrència, aplicant la normativa i justificant cada element en el seu conjunt.

- Realitza l'esquema de la instal·lació atenent al REBT i les especificacions del client.
- Identifica les característiques dels elements dins del conjunt de la instal·lació i en catàlegs comercials.
- Realitza el pla de muntatge de la instal·lació.
- Realitza la previsió dels mecanismes i elements necessaris.
- Comprova el correcte funcionament de l'enllumenat d'emergència (seguretat, reemplaçament i abalisament, si procedeix)
- Instal·la la font d'alimentació secundària adequada al tipus de local.
- Comprova el funcionament de la commutació entre els subministraments normal i complementari
- Comprova el correcte funcionament de tots els circuits.
- Respecta els criteris de qualitat establerts.
- Realitza el quadre general de protecció atenent el tipus d'instal·lació i el REBT.
- Instal·la els quadres de distribució secundaris necessaris.
- Utilitza les canalitzacions adequades atenent al seu ús i localització.
- Aplica les normes tecnològiques adequades al tipus de local.
- Elaborar la llista de materials i el pressupost corresponent a la solució adoptada amb suport informàtic.
- Resol satisfactòriament els problemes que es presenten.
- Actua amb responsabilitat.
- Demostra coneixement suficient de la reglamentació aplicable a les instal·lacions elèctriques en locals de pública concurrència.

2. Munta la instal·lació elèctrica d'un local destinat a ús industrial, atenent el REBT.

- Realitza l'esquema elèctric de la instal·lació a partir del REBT i especificacions del client.
- Realitza el pla de muntatge de la instal·lació.
- Realitza els càlculs necessaris (potències, seccions, entre d'altres).
- Realitza el càlcul necessari per a la col·locació de llums.

- Realitza la previsió dels mecanismes i elements necessaris.
  - Instal·la l'enllumenat adequat dependent dels usos dels diferents espais.
  - Instal·la les preses de corrent d'ús industrial dependent dels usos dels diferents espais.
  - Utilitza el tipus de canalització més adient a cada part de la instal·lació tenint en compte el seu entorn i utilització.
  - Utilitza l'eina adequada en cada moment.
  - Té en compte els temps previstos atenent un procediment de qualitat acordat.
  - Comprova el correcte funcionament de tota la instal·lació.
  - Respecta els criteris de qualitat establerts.
  - Elabora la llista de materials i el pressupost corresponent a la solució adoptada amb suport informàtic.
  - Resol satisfactòriament els problemes que es presenten.
  - Actua amb responsabilitat.
  - Demostra coneixement suficient de la reglamentació aplicable a les instal·lacions elèctriques en locals industrials.
3. Manté instal·lacions interiors de locals, oficines, i indústries aplicant tècniques de mesuraments elèctrics i relacionant la disfunció amb la causa que la produeix.
- Comprova els símptomes d'avaries a través de les mesures realitzades i l'observació de la instal·lació.
  - Formula hipòtesis raonades de les possibles causes i la seva repercussió en la instal·lació.
  - Localitza l'avaria utilitzant un procediment tècnic d'intervenció.
  - Opera amb autonomia en la resolució de l'avaria.
  - Proposa mesures de manteniment que és precís realitzar en cada circuit o element de la instal·lació.
  - Comprova el correcte funcionament de les proteccions.
  - Realitza comprovacions de les unions i dels elements de connexió.
  - Demostra coneixement suficient de la reglamentació aplicable al manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors.
4. Verifica la posada en servei d'una instal·lació de locals, oficines o indústries, aplicant la metodologia especificada en el REBT.
- Verifica l'adequació de la instal·lació a les instruccions del REBT.
  - Comprova els valors d'aïllament de la instal·lació, d'acord amb el procediment i valors establerts en l'ITC-BT-19.
  - Mesura la resistència de la presa de terra i el corrent de fuga de la instal·lació.
  - Mesura i registra els valors dels paràmetres característics.



- Verifica la sensibilitat de disparament dels interruptors diferencials.
  - Mesura la continuïtat dels circuits.
  - Utilitza l'anàlitzador- registrador de potència i energia per a corrent alterna trifàsica amb capacitat de mesura de les següents magnituds: potència activa, tensió alterna, intensitat alterna i factor de potència.
  - Utilitza el luxímetre per mesurar l'enllumenat normal i d'emergència
  - Aplica la norma UNE 20460-6-61 en la verificació de la instal·lació.
  - Utilitza els mitjans tècnics per a categoria bàsica relacionats al REBT.
  - Opera amb autonomia en la verificació de la instal·lació.
  - Demuestra coneixement suficient de la reglamentació aplicable a la verificació de la posada en servei d'instal·lacions en locals, oficines i indústries.
5. Compleix les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors de locals, oficines i indústries, identificant els riscos associats, les mesures i equips per a prevenir-los.
- Identifica els riscos laborals en les tasques de muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors de locals, oficines i indústries (manipulació de materials, equips, eines, utensilis, màquines, entre d'altres).
  - Determina les mesures de seguretat i de protecció personal que s'han d'adoptar.
  - Realitza les operacions de muntatge i manteniment d'instal·lacions elèctriques interiors de locals, oficines i indústries de respectant les normes de seguretat i les mesures de prevenció de riscos.
  - Identifica les possibles fonts de contaminació de l'entorn ambiental.
  - Classifica els residus generats per a la seva retirada selectiva.
  - Valora l'ordre i la netedat d'instal·lacions i equips com a primer factor de prevenció de riscos.



## 1. Il·luminació d'interiors. Càlcul lumínic

Un apartat fonamental a les instal·lacions elèctriques d'interior és el que fa referència a la il·luminació dels diferents espais. Quins sistemes existeixen per il·luminar, quines són les seves característiques i com les podem utilitzar de la millor manera, quins són els sistemes de llum més freqüents, etc.?

La **luminotècnica** és la ciència que estudia les principals formes de producció de llum, així com el seu control i les seves aplicacions.

La luminotècnica té com a objecte d'estudi els principals conceptes de la llum, les magnituds i les característiques principals dels receptors d'ús més freqüents, i les principals formes de produir llum que s'utilitza en aquest moment per a instal·lacions d'interior.

Una correcta elecció del tipus de lluminària que s'utilitzarà en una instal·lació pot contribuir i molt significativament a reduir els costos de la il·luminació d'una indústria, oficina o comerç.

Les instal·lacions d'enllumenat tenen una gran importància tant des d'un punt de vista tècnic com de confort. Una bona il·luminació a l'estança on es treballa disminueix la fatiga i augmenta el rendiment laboral.

El **càlcul lumínic** depèn de dos factors fonamentals: el tipus d'activitat que es desenvoluparà i les dimensions i característiques físiques del local o l'estança que s'ha d'il·luminar.

### 1.1 La llum

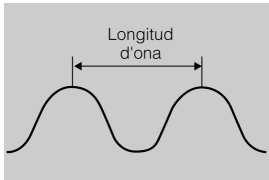
La llum es pot considerar com una manifestació de l'energia a través de radiacions electromagnètiques de determinades longituds d'ona, perceptibles per l'ull humà.

La **llum** és una de les múltiples formes que té l'energia de manifestar-se i la podem definir com l'energia produïda per una gamma de radiacions electromagnètiques que la fan perceptible a l'ull humà.

La transmissió d'energia a través de l'espai es denomina **radiació**; i la llum està formada per un conjunt de radiacions electromagnètiques de diferents colors, però la percebem com si fos blanca.

De forma experimental, si observem un raig de llum blanca creuar un prisma triangular de vidre transparent veurem que es descompon en una banda contínua de colors que són: vermell, blau...

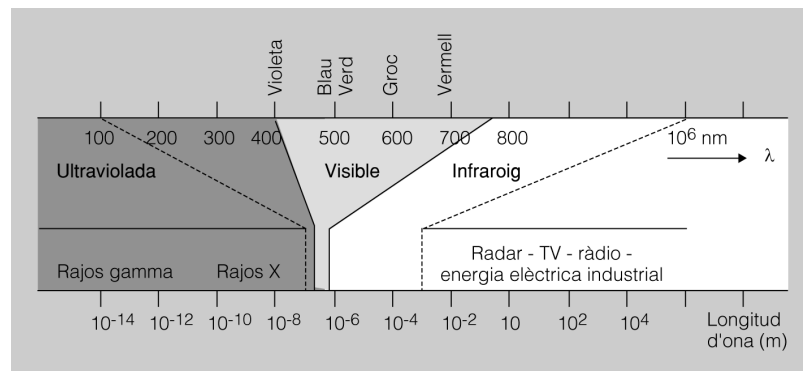
La **longitud d'ona** és la distància que separa els punts inicial i final d'un període.



La longitud d'ona és la distància entre pics i valls consecutius d'ones periòdiques

En la figura 1.1 observem les longituds d'ona visibles a l'ull humà i els colors corresponents a aquesta longitud, també es veuen les radiacions electromagnètiques classificades segons les seves longituds d'ona. Si observem la imatge, veurem que els rajos de llum es troben entre els rajos ultraviolats i la radiació tèrmica.

**FIGURA 1.1.** Espectre electromagnètic



### 1.1.1 Transmissió de la llum

La llum es transmet a distància a través de l'espai, per mitjà d'ones similars a les formades a l'aigua quan cau un objecte en un dipòsit d'aigua. Són el que anomenem **ones concèntriques** i es propaguen en forma circular a la pedra que cau, formant crestes i valls i esmorteint el seu recorregut fins a desaparèixer (vegeu figura 1.2).

**FIGURA 1.2.** Ones concèntriques de llum propagant-se per l'espai



Com a conseqüència d'aquestes valls i crestes es pot veure clarament a una distància apreciable l'inici o font de producció d'aquesta energia.

Les ones d'aigua i les de llum tenen com a característica que els seus efectes poden veure's a distància. Les ones de llum no necessiten cap medi material per propagar-se, és a dir, es poden propagar al buit, però pel que a nosaltres respecta, el seu medi de propagació és l'aire; per tant, les ones de llum es transmeten en tres dimensions (llarg, ample i alt). Així, les ones de llum que rebem del sol ens arriben travessant l'espai buit que existeix entre els planetes i, a l'hora d'entrar a l'atmosfera, entre els gasos que té aquesta.

Les característiques físiques fonamentals de la radiació lluminosa són la longitud d'ona i la velocitat de propagació del llum (300.000 km per segon). La unitat de longitud d'ona que s'utilitza dins la luminotècnica és el nanòmetre.

### 1.1.2 Producció de la llum

Sempre s'ha conegut la curiositat de l'ésser humà per cercar elements que produïssin llum artificial, amb la idea de poder seguir fent activitats després que el sol es pongués.

La llum es pot produir de diverses formes. Hi ha quatre tipus de làmpades que utilitzen les formes de producció de llum més representatives, que veurem a continuació.

#### Làmpades incandescentes

Es basen en l'escalfament de cossos sòlids fins a arribar a un determinat grau d'incandescència.

A les **làmpades incandescentes** la llum es genera per escalfament fins a arribar a la incandescència d'un filament que actua com a resistència elèctrica.

El principi de funcionament està basat en l'emissió de radiacions visibles a l'ull humà, a causa de l'augment de temperatura que experimenta un fil conductor molt prim i resistència elevada, quan és travessat per un corrent elèctric.

La incandescència és el tipus de font de llum més habitual, però el que presenta és un rendiment baix.

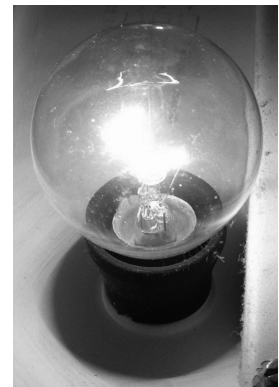
Generalment es connecta directament a la xarxa elèctrica de subministrament, excepte les de baix voltatge, que requereixen transformador de tensió. Solament en aquest cas hi ha un consum addicional atribuïble a l'equip d'interconnexió, a més d'introduir un petit component d'energia reactiva.

Hi ha diferents tipus d'incandescència en funció de la seva eficàcia lluminosa:

- **Incandescència estàndard.** L'eficàcia lluminosa d'incandescència estàndard oscil·la sobre els 15 lm/W.

#### Fibra òptica

La fibra òptica és capaç de dirigir la llum al llarg de la seva longitud utilitzant la reflexió total interna. Normalment la llum és emesa per un làser o *led*.



Làmpada incandescent amb el seu filament encès

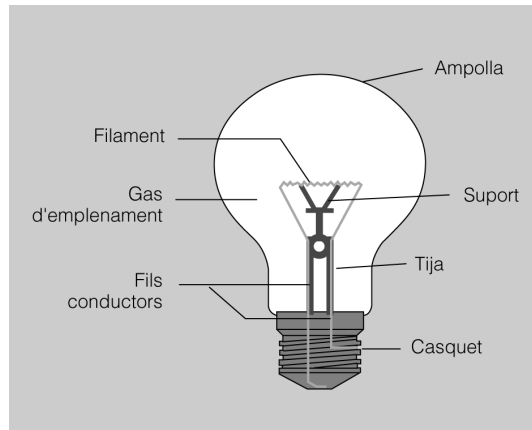
#### Transformador

Un transformador és un aparell elèctric que converteix el corrent d'alta tensió i baixa intensitat en un altre de baixa tensió i alta intensitat o a l'inrevés.

- **Incandescència halògena.** La seva eficàcia lluminosa té un rendiment mitjà d'un 70% i oscil·la entre els 26 lm/W. S'ha observat un increment considerable en l'ús d'aquest tipus de làmpades per al sector domèstic.

En la figura 1.3, es descriuen les parts d'una làmpada incandescent.

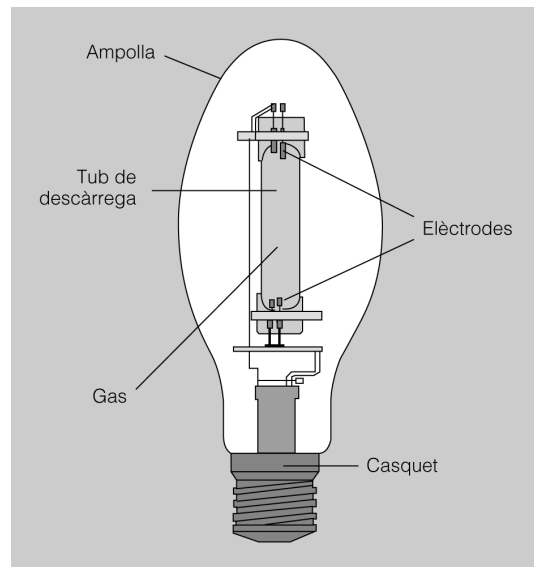
**FIGURA 1.3.** Parts d'una làmpada d'incandescència



### Làmpades de descàrrega

Aquest tipus de làmpada funciona provocant una descàrrega elèctrica entre dues plaques o elèctrodes situats al sinus d'un gas o un vapor metàl·lic. En la figura 1.4 trobem les parts d'una làmpada de descàrrega.

**FIGURA 1.4.** Parts d'una làmpada de descàrrega de mercuri



A les **làmpades de descàrrega** la llum es produeix per la circulació d'un corrent elèctric, que s'estableix entre dos elèctrodes, a través d'un gas o d'un metall vaporitzat.

La utilització bàsica i la seva aplicació principal és a la indústria, però també s'utilitza per a l'enllumenat públic, instal·lacions esportives i enllumenat exterior en jardins i patis d'habitatges unifamiliars.

Algunes de les làmpades de descàrrega són de vapor de mercuri i halogenurs metàl·lics de forma compacta.

## Fluorescent

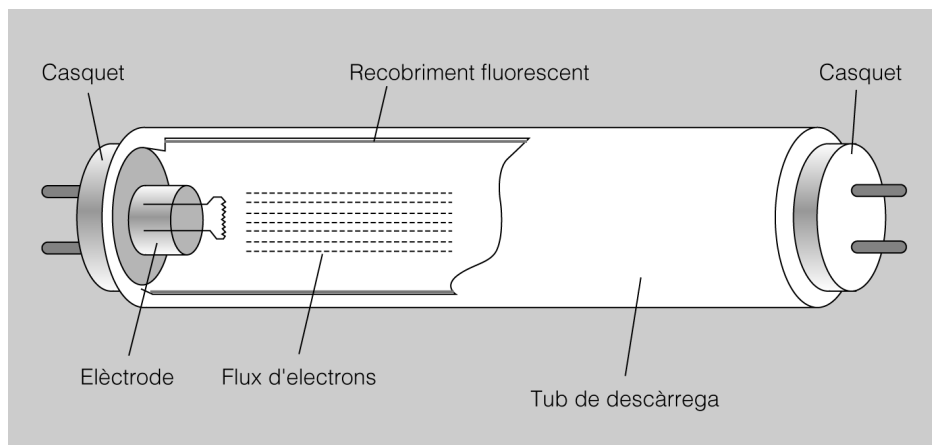
La llum es produeix a través d'una substància dipositada a les parets de la làmpada, que és excitada per un efecte luminescent provocat per una descàrrega sobre el vapor de mercuri. El principi físic per generar el flux lluminós té el seu origen en un fenomen de descàrrega. Les necessitats de l'equipament s'ajusten molt a les indicades a les làmpades de descàrrega.

El fluorescent està compost per a reactàncies, encebadors, balastos i inhibidors.

En el sector domèstic s'utilitzen molt més que no pas les de descàrrega. Tenen un rendiment de vida de 5 a 7 vegades més gran que les d'incandescència.

En la figura 1.5 es veuen les parts d'un fluorescent.

FIGURA 1.5. Parts d'un fluorescent



Làmpada fluorescent

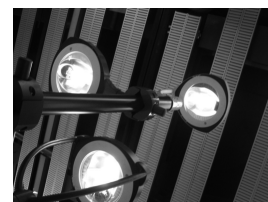
### Fluorescent compacte

Substitueixen la incandescència aprofitant el mateix portalàmpades; per tant, inclouent els mateixos elements d'interconnexió a la mateixa estructura de la làmpada.

## Làmpades d'inducció

La llum a les **làmpades d'inducció** es produeix per luminiscència, però el corrent elèctric que es genera en el sinus del gas es produeix per un fenomen d'inducció, que és un camp electromagnètic induït per un corrent d'alta freqüència que circula per una bobina i que és generada per un circuit electrònic alimentat des de la xarxa elèctrica.

Com a avantatges que té sobre les altres tres formes de produir llum és la seva llarga vida, pel fet que no disposen d'elèctrodes que puguin deteriorar al llarg del temps el seu funcionament. La seva eficàcia lluminosa és comparable a les



Làmpada d'inducció per a enllumenat públic

làmpades fluorescentes. Un dels sectors on més s'utilitza és en el de l'enllumenat públic de zones residencials i en el sector de serveis.

## 1.2 Magnituds lluminoses fonamentals

Si parlem de les magnituds lluminoses fonamentals hem de parlar de dos components bàsics:

- La font de la llum.
- L'objecte o estança que s'ha d'il·luminar.

Per exemple, no és el mateix il·luminar una estança que utilitzarem per treballar a casa, que no pas una cuina o un safareig. El temps que dediquem a cada lloc de l'habitatge és diferent, igual que els seus usos.

En la **luminotècnia** hi ha unes magnituds i unitats de mesura fonamentals per entendre després un càlcul correcte d'il·luminació en un habitatge o taller. Aquestes magnituds són les següents:

- Flux lluminós o potència lluminosa.
- Rendiment lluminós.
- Quantitat de llum.
- Intensitat lluminosa.
- Il·luminació.
- Luminància.

### 1.2.1 Flux lluminós o potència lluminosa

El flux lluminós és la magnitud més important per fer càlculs lumínics.

El **flux lluminós** és l'energia radiant d'una font de llum que afecta la sensibilitat de l'ull durant un segon de temps.

El flux lluminós es representa per la lletra grega fi ( $\Phi$ ), i la seva unitat de mesura és el **lumen (lm)**, que com a unitat de potència correspon a 1/680 W emesos per una longitud d'ona de 555 nm.

Tota la potència elèctrica que produeix una làmpada no es transforma totalment en flux lluminós ja que hi ha unes pèrdues que s'han de tenir en compte que són: calor



i flux no lluminós. Tenint en compte aquestes dades, podem donar uns exemples de flux lluminós en la taula 1.1.

**TAULA 1.1.** Flux lluminós d'algunes làmpades

Tipus de làmpades	Flux lluminós (lm)
Bicicleta	18
Incandescent estàndard de 100 W	1.380
Fluorescent de 40 W	3.200
Halogenurs metàl·lics de 400 W	28.000
Làmpada de sodi a baixa pressió Na 180 W	31.500

El watt és la unitat de potència del sistema internacional d'unitats. El seu símbol és W, i és equivalent a 1 joule per segon.

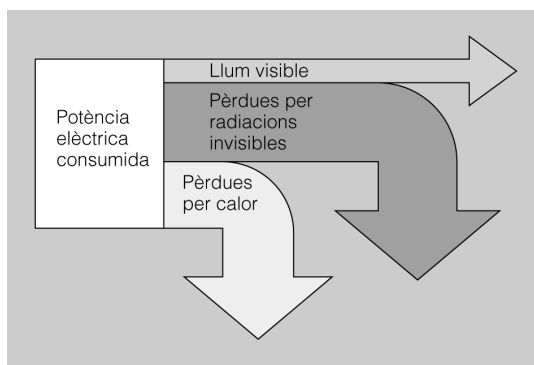
## 1.2.2 Rendiment lluminós

El rendiment lluminós és una característica dintre de la luminotècnia que ens indica quina quantitat de potència elèctrica és transformada en flux lluminós.

El **rendiment lluminós** indica el flux que emet una font de llum per cada unitat de potència elèctrica que consumeix per a la seva obtenció.

El rendiment lluminós es representa amb la lletra grega eta ( $\eta$ ), i la seva unitat és el **lumen per watt (lm/W)**.

**FIGURA 1.6.** Rendiment lluminós



En la figura 1.6 podem veure gràficament el rendiment lluminós, que podem determinar numèricament a través de la fórmula següent:

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

on:

- $\Phi$  = flux lluminós en lúmens.
- $P$  = potència elèctrica en watts.

**Exemple**

Exemple de càlcul de rendiment lluminós d'una làmpada incandescent: Una làmpada incandescent estàndard de 100 W que emet un flux lluminós de 1.380 lúmens; si apliquem la fórmula ens dona un rendiment lluminós de:

$$\eta = \frac{\phi}{P} = \frac{1380 \text{ lm}}{100 \text{ W}} = 13,8 \text{ lm/W}$$

La quantitat d'energia elèctrica transformada en flux lluminós és molt variable segons la font productora. La resta es perd en forma de calor o un altre flux no visible.

En la taula 1.2 indiquem uns exemples de rendiment lluminós d'algunes làmpades.

TAULA 1.2. Rendiment lluminós d'algunes làmpades

Tipus de làmpades	Potència nominal	Rendiment lluminós lm/w
Incandescent estàndard de 40 W	40	11
Fluorescent de 40 W	40	80
Halogenurs metàl·lics de 400 W	360	78
Làmpada de sodi a baixa pressió Na 180 W	180	175

**Exemple de càlcul d'energia lluminosa**

Quina quantitat de llum emetrà una làmpada el flux lluminós de la qual és de 1.380 lúmens si funciona durant 12 dies a raó de 4 hores diàries?  $t = 12 \text{ dies} \cdot 4 \text{ h/dia} \cdot 3.600 \text{ s/h} = 172.800 \text{ segons}$ .  $Q = 238.464.000 \text{ lm}\cdot\text{s}$

**1.2.3 Energia lluminosa o quantitat de llum**

És una de les característiques lumíniques que, de la mateixa manera que l'energia elèctrica, es determina per la potència elèctrica per unitat de temps. La quantitat de llum es determina per la potència lluminosa (flux lluminós) emesa per unitat de temps.

La quantitat de llum es representa per la lletra  $Q$ , i la seva unitat és el lumen per segon ( $\text{lm}\cdot\text{s}$ ).

La seva fórmula és la següent:

$$Q = \Phi \cdot t$$

on:

- $\Phi$  = flux lluminós en lúmens.
- $t$  = temps en segons

**1.2.4 Intensitat lluminosa**

La intensitat lluminosa és una de les característiques més importants, juntament amb el flux lluminós, per fer un càlcul correcte d'il·luminació.

Una bona elecció de làmpada amb una intensitat lluminosa correcta per desenvolupar la nostra tasca en aquella estança ens provocarà una bona sensació de confort.

La **intensitat lluminosa** és la quantitat de flux lluminós emès per una font lluminosa per unitat d'angle sòlid en una direcció concreta.

La intensitat lluminosa es representa per la lletra I, i la seva unitat és la **candela (cd)**.

La fórmula que expressa la intensitat lluminosa és la següent:

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

on:

- $\Phi$  = flux lluminós en lúmens.
- $\omega$  = valor de l'angle sòlid en estereoradians.

La candela, la unitat d'intensitat lluminosa, es defineix com a 1/60 de la intensitat lluminosa per cm<sup>2</sup> del feix lluminós patró (cos negre) a la temperatura de fusió del platí (2.046 K).

Les fonts de llum utilitzades a la pràctica tenen una superfície lluminosa més o menys gran i diferent segons la direcció de la llum. Segons la seva construcció i el material amb què estan fabricades ofereixen diferent intensitat de llum en funció de la direcció de la llum. Per aquesta raó s'han creat el que es denominen **corbes fotomètriques** o de **distribució lluminosa** d'intensitat.

Les **corbes fotomètriques** són la representació gràfica de les mesures d'intensitats lluminoses efectuades segons les diferents direccions que parteixen del centre de la làmpada.

Normalment les corbes fotomètriques es refereixen a una font de llum que reparteix 1.000 lúmens; per tant, per conèixer com seran les corbes fotomètriques sempre ens han d'indicar per a quanta potència lluminosa s'ha fet l'estudi de la làmpada.

Per exemple, si un tub fluorescent té un flux lluminós de 3.200 lúmens, hauríem de multiplicar els valors que ens aporta la gràfica de 1.000 lúmens per 3,2.

En la figura 1.7 es mostra un exemple de corba fotomètrica de làmpada incandescent i fluorescent.

#### Angle sòlid

L'angle sòlid o cònic que un objecte contempla, vist des d'un punt donat, mesura com és de gran aquest objecte segons l'observador. Dit d'una altra manera més simple, és: "el tros de cel" que ocupa l'objecte.

---

Un cos negre és capaç d'emetre i absorbir totes les radiacions de l'espectre visible.

---



---

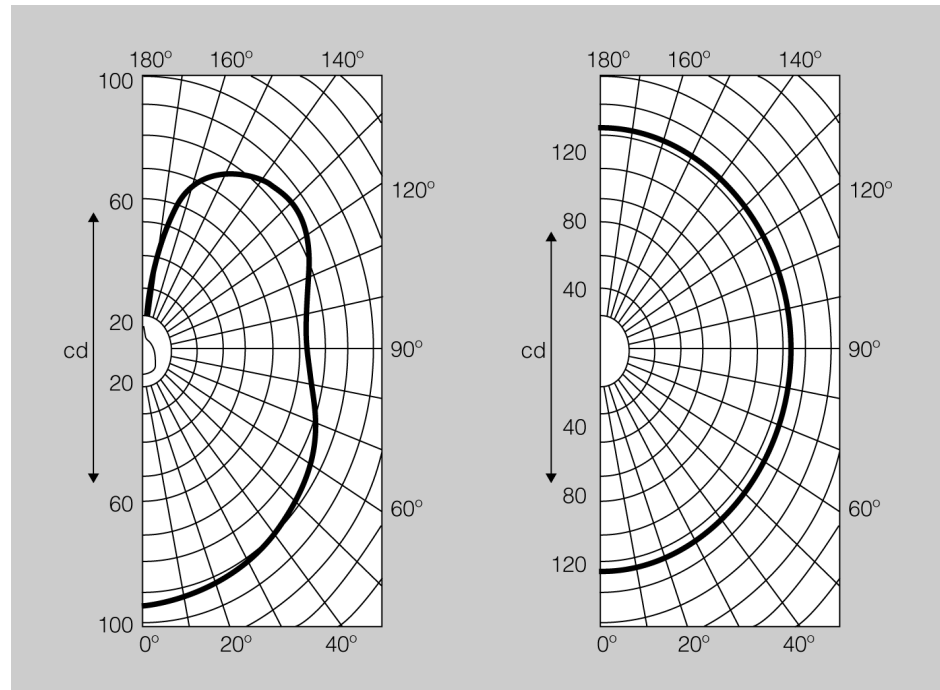
La temperatura en Kelvin es calcula mitjançant  
K = °C + 273

---

#### Distribució lluminosa

Es pot fer una classificació de les lluminàries segons la seva distribució lluminosa:

- Difusores.
- Reflectores.
- Refractàries.

**FIGURA 1.7.** Corbes fotomètriques de làmpada incandescent i làmpada fluorescent**Exemple de càlcul d'intensitat lluminosa**

Quin valor té la intensitat lluminosa d'un focus si emet un flux lluminós, segons la taula, de 31.500 lúmens en un angle de 5 srad (estereoradians)?

**Solució:**

$$I = \frac{31500 \text{ lm}}{5 \text{ srad}} = 6300 \text{ cd}$$

**1.2.5 Il·luminació**

Una altra característica de la luminotècnica és la il·luminació.

La **il·luminació** mesura la llum que arriba a una determinada superfície.

La il·luminació es representa per la lletra **E**, i la seva unitat és el **lux**.

La fórmula que expressa la il·luminació és:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

on:

- $\Phi$  = flux lluminós en lúmens.
- $S$  = superfície en  $\text{m}^2$

El lux, unitat d'il·luminació es defineix com la il·luminació d'una superfície d'1 m<sup>2</sup> que rep un lumen de flux lluminós uniformement repartit.

L'aparell que ens permet mesurar la il·luminació es denomina luxòmetre. És l'anàleg al sonòmetre en el cas que fossin senyals sonors.

En la taula 1.3 hi ha valors aproximats d'il·luminació mesurats amb luxòmetre.

**TAULA 1.3.** Valors d'il·luminació en funció del context

Context	Il·luminació (lux)
Migdia d'estiu amb cel descobert	100.000
Migdia d'estiu amb cel cobert	20.000
Lloc de treball interior ben il·luminat	1.000
Bon enllumenat públic	20 a 40
Nit de lluna plena	0,25



Luxòmetre

## 1.2.6 Luminància

La luminància és una característica molt important quan parlem de llum en referència als aparells de televisió, és el que entenem per claredat. Per tant, la major o menor claredat amb què veiem els objectes depèn de la seva luminància.

La **luminància** és el factor que produeix en l'òrgan visual la sensació de claredat.

La luminància es representa per la lletra L, i la seva unitat és la **candela per metre quadrat (cd/m<sup>2</sup>)**, que es diu nit (**nt**).

La fórmula que expressa la luminància és:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

on:

- **I** = intensitat lluminosa en candeles.
- **S** = superfície en m<sup>2</sup>.
- $\alpha$  = angle incident de la radiació lluminosa .

Per mesurar la luminància utilitzem un aparell denominat **luminanciòmetre**, que és molt similar al luxòmetre.

### Exemple de càlcul de luminància

Un focus que té una intensitat lluminosa de 525 candeles està orientat cap a una paret de 20 m<sup>2</sup> amb un angle de 60°. Quant val la luminància?

### IRC

L'índex de rendiment de color (IRC) d'una font lluminosa és la capacitat que té de permetre apreciar els colors en un objecte il·luminat; per tant, com més completa i uniforme sigui la composició espectral de la seva radiació, millor queden reproduïts els colors.

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} = \frac{525 \text{ cd}}{20 \text{ m}^2 \cdot \cos 60^\circ} = 52,5 \text{ cd/m}^2$$

### 1.2.7 Reflexió, transmissió i absorció de la llum

Una característica bastant intuïtiva de la il·luminació és que no tots els cossos tenen les mateixes característiques per absorbir la llum. Per exemple, quan estem en una estança de color viu es veu la sala més petita que no pas si és blanca.

A l'hora d'il·luminar un cos, una part de la llum que arriba es reflecteix per una superfície, una altra es transmet travessant-la i una tercera part queda absorbida pel material que el compon (fusta, plàstic, vidre, etc.).

Finalment, el flux incident o total es reparteix de la manera següent:

$$\Phi_i = \Phi_r + \Phi_t + \Phi_a$$

on:

- $\Phi_i$  = flux lluminós incident
- $\Phi_r$  = flux lluminós reflectit
- $\Phi_t$  = flux lluminós transmès
- $\Phi_a$  = flux lluminós absorbit

El **factor de reflexió**, designat per la lletra grega  $\rho$  ( $\rho$ ), defineix la relació que hi ha entre el flux lluminós reflectit i el flux incident:

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

El **factor d'absorció**, designat per la lletra grega alfa ( $\alpha$ ), defineix la relació que hi ha entre el flux lluminós absorbit i el flux incident:

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

El **factor de transmissió**, designat per la lletra grega tau ( $\tau$ ), defineix la relació que hi ha entre el flux lluminós transmès i el flux lluminós incident:

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

El **flux incident** sempre és més gran que els factors d'absorció, transmissió i reflexió, que són sempre més petits que la unitat.

Un factor de reflexió de 0,4 vol dir que la llum incident es reflecteix una part equivalent a 0,4, o també que el factor de reflexió té un valor del 40%.

En la taula 1.4 hi ha factors de reflexió, transmissió i absorció d'alguns materials que utilitzarem per fer càlculs lumínics.

**TAULA 1.4.** Factors de reflexió, transmissió i absorció de materials

Materials	Factor de reflexió ( $\rho$ )	Factor d'absorció ( $\alpha$ )	Factor de transmissió ( $\tau$ )
<b>Superfície pintada</b>			
Vermell	0,1-0,35	0,9-0,65	0
Verd	0,1-0,6	0,9-0,4	0
Blau	0,05-0,5	0,95-0,5	0
Gris	0,2-0,6	0,8-0,4	0
Negre	0,04-0,08	0,96-0,92	0
<b>Vidres</b>			
Opac negre	0,5	0,95	0
Opac blanc	0,75-0,80	0,25-0,2	0
Transparent blanc	0,08	0,9	0,02
Paper blanc	0,60-0,80	0,30-0,10	0,10-0,20
Paper apergaminat	0,5	0,20	0,30
Pergamí	0,48	0,42	0,10

## 1.3 Lluminàries

Les lluminàries són els aparells que distribueixen, filtren o transmeten la llum emesa per una o diverses làmpades que contenen tots els accessoris que són necessaris per fixar-les i connectar-les a la xarxa d'alimentació en aquest cas 230 V monofàsic.

Podem classificar-los segons diversos criteris:

- Classificació segons el funcionament o construcció de la làmpada.
- Classificació segons la simetria de distribució del flux lluminós.

### 1.3.1 Classificació de les lluminàries segons el funcionament de la làmpada

El primer criteri no és ben bé una classificació de lluminàries, sinó de la fabricació de làmpades que s'utilitzen en un habitatge, que descrivim a continuació.

#### Rendiment lluminós

El rendiment lluminós d'una làmpada incandescent de 40 W és 11 lm/W. El rendiment lluminós d'una làmpada fluorescent de 40 W és 80 lm/W.

## Fonts de llum incandescent

Les fonts de llum incandescent són aquelles que produeixen llum a partir de la incandescència de cossos sòlids, en ser travessats per un corrent elèctric.

El principi de funcionament es basa en l'emissió de radiacions visibles a l'ull humà, a causa de l'augment de temperatura que experimenta un fil conductor molt prim i de resistència elevada, quan és travessat per un corrent elèctric. Per exemple les bombetes per a enllumenat domèstic.

Les principals fonts de llum que funcionen mitjançant el procediment d'incandescència són les làmpades d'incandescència i les làmpades halògenes.

La característica bàsica de les làmpades d'incandescència és que l'energia consumida es transforma majoritàriament en calor, per la qual cosa el seu rendiment lluminós és molt baix. Però malgrat aquest desavantatge, s'ha de destacar l'enorme qualitat que tenen aquestes bombetes a l'hora d'emetre un espectre continu, tenen una reproducció cromàtica boníssima.

Els llums halògens són làmpades incandescents amb filament, generalment de wolfram, que a l'interior contenen una atmosfera gasosa formada, a més de gas inert, per un halogen o un halogenur metàl·lic com el iode, el clor o el brom. L'halogen permet reparar automàticament la pèrdua de partícules del wolfram i aconsegueix minimitzar els efectes del seu despreniment. D'aquesta manera s'aconsegueix temperatures més elevades amb dimensions més petites, augmentar l'eficàcia lluminosa i prolongar la vida mitjana de la làmpada.

## Fonts de llum luminiscent o làmpades de descàrrega

Les fonts de llum luminiscent són aquelles en què la llum produïda s'obté per excitació d'un gas sotmès a descàrregues elèctriques entre dos elèctrodes.

El principi de funcionament per aconseguir llum mitjançant luminiscència s'aconsegueix en establir un corrent elèctric entre dos elèctrodes, situats a l'interior d'un tub ple de gas o vapor ionitzat.

La diferència de potencial entre els dos elèctrodes provoca un flux d'electrons a l'interior del tub, que en xocar amb els àtoms de gas que conté el tub o ampolla, desplacen de les seves òrbites els electrons del gas ionitzat absorbint energia. Passats uns instants, els electrons desplaçats tornen a la seva posició inicial i alliberen l'energia presa amb anterioritat, en forma de radiacions, principalment ultraviolades.

Segons el gas utilitzat i la pressió de l'ampolla, tindrem diferents tipus de làmpades, cadascun amb les seves pròpies característiques lluminoses. Atenent aquests dos criteris, es poden classificar les làmpades de la següent manera: làmpades de vapor de mercuri (làmpades fluorescents, làmpades de vapor de mercuri i halogenurs metàl·lics) i làmpades de vapor de sodi.

### Làmpades halògenes

Hi ha dos tipus de làmpades halògenes: les làmpades de casquets ceràmics i les de doble embolcall. Aquestes últimes també disposen de casquet i per tant es poden adaptar als portalàmpades convencionals.



Làmpades de descàrrega



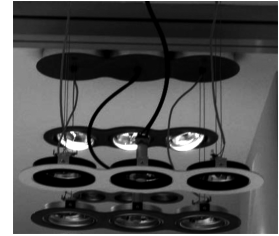
### 1.3.2 Classificació de les lluminàries segons la seva distribució

Quan parlem de lluminària no fem referència únicament a la làmpada, sinó també a tot el que l'envolta, és a dir, tots els elements que la fan funcionar i també els objectes decoratius que conté, per exemple un plafó de vidre.

A la instal·lació de qualsevol sistema d'il·luminació les làmpades s'han d'instal·lar dins d'un embolcall que tenen diverses funcions, com són sostenir el llum i connectar-lo al corrent, funció estètica i orientar i distribuir el flux lluminós.

En relació amb aquesta última funció podem identificar diferents tipus de lluminàries: difusores, reflectores i refractàries.

- **Difusores.** Permeten augmentar la superfície de la font de llum i distribuir uniformement el flux lluminós en totes les direccions. A més a més, serveixen per evitar l'efecte d'enlluernament.
- **Reflectores.** Amb aquestes podem regular l'angle de radiació lluminosa, concentrant o obrint el flux lluminós.
- **Refractàries.** Estan dissenyades per orientar els rajos lluminosos en les direccions que es requereixi.



Lluminària completa

### 1.4 Càlcul d'enllumenat interior

A l'hora de fer el càlcul d'un enllumenat interior s'han de tenir en compte dos factors importants, que estan relacionats amb:

- L'activitat que es farà a l'estança seleccionada.
- Les dimensions i característiques del lloc que s'ha d'il·luminar.

Una vegada coneguts aquests factors, es pot fixar una il·luminació mitjana necessària per obtenir una qualitat d'enllumenat adequat per realitzar les tasques que es faran a dintre del local. Per exemple, no és el mateix il·luminar una aula d'estudi que un menjador d'un habitatge. Per això, s'ha d'escollir el sistema d'enllumenat més idoni i la distribució més convenient en funció de l'espai que s'hagi d'il·luminar.

S'efectuen els càlculs corresponents per obtenir el flux lluminós necessari i fixar, respecte a la potència de les làmpades, el nombre de punts de llum i la distribució de les lluminàries.

#### Sistemes d'enllumenat

Hi ha tres tipus d'enllumenat d'interiors:

- Enllumenat general.
- Enllumenat general localitzat.
- Enllumenat localitzat.

El flux lluminós total necessari es calcula tenint en compte factors com la il·luminació mitjana, la superfície que s'ha d'il·luminar, el rendiment de la il·luminació i el factor de conservació de la instal·lació. El càlcul del flux lluminós es fa aplicant la següent fórmula:

$$\Phi = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c}$$

on:

- $\Phi$  = flux lluminós total necessari en lúmens
- $E_m$  = il·luminació mitjana (lux)
- $S$  = superfície que s'ha d'il·luminar en m<sup>2</sup>
- $\eta$  = rendiment de la il·luminació
- $f_c$  = factor de conservació de la instal·lació

Per fer el càlcul d'una instal·lació d'enllumenat interior s'han de seguir els següents passos:

- Il·luminació mitjana de l'estança.
- Sistema d'enllumenat.
- Flux lluminós necessari.
- Nombre de punts.

### 1.4.1 Il·luminació mitjana

#### Lluminària

Entenem per *lluminàries* tots els aparells d'il·luminació destinats a servir de suport a les làmpades d'incandescència, als tubs fluorescents i a distribuir la llum produïda a la corresponent habitació, local o dependència.

La il·luminació mesura la llum que arriba a una determinada superfície; per tant, la il·luminació mitjana fixa, d'acord amb les activitats que es faran en aquella estança, uns requeriments de luxs.

La taula 1.5 ens indica les il·luminàncies mitjanes que s'han acordat segons uns estudis al camp de la visió i qualitat a l'hora de realitzar les tasques assignades.

**TAULA 1.5.** Il·luminàncies recomanades per a enllumenats d'interior

Tipus d'estança	Il·luminàncies recomanades
Habitatges Enllumenat local en sales d'estar	500-1.000
Enllumenat general en sales d'estar	50-100
Cuines	100-300
Dormitoris i banys	150-300
Passadissos, escales, garatges i rebedors	50-100
Escoles Aules	250-1.000
Aules de dibuix	400-800

TAULA 1.5 (continuació)

Tipus d'estança	Il·luminàncies recomanades
Oficines	400-800
Locals d'oficina amb feina de treball normal, ordinadors, etc. Locals de treball com a arxiu i sales d'espera	150-300
Botigues Espais normals de venda	250-500
Aparadors grans	1.000-2.000
Aparadors petits	500-1.000
Indústria	2.500-5.000
Treball de gran precisió	400-800
Treball ordinari	100-300

### 1.4.2 Rendiment de la il·luminació

El rendiment de la il·luminació en un local o estança depèn de dos factors:

- Rendiment de la lluminària.
- Rendiment del local.

Entre aquests dos factors hi ha aquesta relació:

$$\eta = \eta_L \cdot \eta_R$$

on:

- $\eta$  = rendiment de la il·luminació
- $\eta_R$  = rendiment del local
- $\eta_L$  = rendiment de la lluminària

El **rendiment de la lluminària** depèn de les característiques de construcció d'aquesta i també de la temperatura a la qual treballa. No és el mateix la vida d'una làmpada que es troba en un forn de pa, on la temperatura és elevada, que l'habitatge.

El rendiment de la lluminària, així com la corba fotomètrica d'aquesta, depèn directament del fabricant. Segons les característiques del local on instal·larem aquestes lluminàries, el rendiment d'aquest serà ben diferent.

El rendiment del local depèn de diversos factors:

- Dimensions del local.
- Factors de reflexió del sostre, parets i terra.
- Fórmula de distribució del llum per la lluminària (corba fotomètrica).

El **rendiment del local** depèn de les dimensions d'aquest i dels factors de reflexió del sostre, terra i parets. Aquests factors de reflexió depenen al seu torn del color i del material. En la taula 1.6 trobem els factors de reflexió de colors per a llum blanca i en la taula 1.7 veiem els factors de reflexió per a diferents materials també per a llum blanca.

**TAULA 1.6.** Factors de reflexió de colors per a llum blanca

Color	Factor de reflexió
Blanc	0,70-0,85
Gris clar	0,40-0,50
Gris fosc	0,10-0,20
Negre	0,03-0,07
Crema o groc clar	0,50-0,75
Marró claret	0,30-0,40
Marró fosc	0,10-0,20
Rosa	0,45-0,55
Vermell	0,30-0,50
Verd claret	0,45-0,55
Verd fosc	0,10-0,20
Blau claret	0,40-0,55
Blau fosc	0,05-0,15

**TAULA 1.7.** Factors de reflexió de materials per a llum blanca

Material	Factor de reflexió
Morter clar	0,35-0,55
Morter fosc	0,20-0,30
Formigó clar	0,30-0,50
Formigó fosc	0,15-0,25
Maó	0,20-0,40
Marbre blanc	0,60-0,70
Fusta clara	0,30-0,50
Fusta fosca	0,10-0,25
Alumini mat	0,55-0,60

Hi ha tres formes d'il·luminació fonamentals:

- **Directa.** S'obté col·locant el focus lluminós dins d'un reflector opac obert per la seva part inferior.

- **Indirecta.** En la il·luminació indirecta es fa incidir el flux lluminós sobre una superfície determinada, des d'on és reflectida cap a la zona que es vol il·luminar.
- **Difosa.** Consisteix a filtrar la llum emesa per la font lluminosa corresponent, mitjançant uns elements anomenats *difusors*, que solen ser vidres, paper, tela o material plàstic.

La influència de les dimensions del local o estança sobre la lluminària és donada per un índex que les relaciona; és el denominat **índex del local K**. Aquest índex es calcula segons les fórmules que es presenten a continuació i que són lleugerament diferents per a lluminària de tipus directe i lluminàries de tipus indirecte.

Lluminària directa:

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

Lluminària indirecta:

$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot h' \cdot (a + b)}$$

on:

- $a$  i  $b$  = dimensions de la superfície rectangular del recinte
- $h$  = distància entre el pla de treball (0,85 m sobre el terra) i les lluminàries
- $h'$  = distància entre el plànol de treball (0,85 m sobre el terra) i el sostre

En la taula de l'annex hi ha tres tipus de lluminàries: intensiva, semiintensiva i extensiva. Segons el dibuix podem entendre el tipus de distribució al seu entorn. Estan relacionades amb les corbes fotomètriques.

Les lluminàries sempre ens indiquen si és intensiva, semiintensiva i extensiva.

#### Exemple de rendiment de la il·luminació

Calculeu el rendiment total d'una lluminària, sabent que és un tipus de lluminària semiintensiva, en un local de les dimensions següents:

- Llargada = 16 m
- Amplada = 4 m
- Alçada = 3 m

El color de les parets, del sostre i del terra és crema, blanc i marró clar, respectivament.

El rendiment total de la il·luminació és determinat per la fórmula següent:

$$\eta = \eta_L \cdot \eta_R$$

El rendiment de la lluminària és donat pel fabricant, que en aquest cas és 0,86.

Per obtenir el rendiment del local, hem de seguir els passos següents:

A l'annex hi ha una taula del rendiment del local segons l'índex del local que hem trobat per mitjà de les dimensions del local i dels índexs de reflexió del local.

1. Calculem la distància entre el pla de treball i el sostre. Com que no ens diuen res, suposem que treballem a 0,85 m del terra. Per tant:

$$h = 3 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 2,15 \text{ m}$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{16 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}}{2,15 \text{ m} \cdot (16 \text{ m} + 4 \text{ m})} = 1,49$$

Si observem en les taules 6 i 7 els factors de reflexió de colors per a la llum blanca o els factors de reflexió de materials per a la llum blanca, en aquest cas, com que ens diuen els colors, comprovem els índexs de reflexió (sostre 1, paret 2, terra 3):

- Blanc: 0,70-0,85
- Crema o groc clar: 0,50-0,75
- Marró clar: 0,30-0,40

Agafem:

- Sostre: 1 = 0,8
- Paret: 2 = 0,5
- Terra: 3 = 0,3

Per trobar el rendiment del local anem a la taula que trobarem en l'annex d'aquesta unitat i agafem la línia semiintensiva A.1.2, i trobem L.

La  $K$  és 1,49. Com que el que més s'hi apropa és 1,50, agafem aquesta fila. Per tant, el rendiment del local és 0,83.

$$\eta = \eta_L \cdot \eta_R = 0,86 \cdot 0,83 = 0,71$$

### 1.4.3 Factor de conservació de la instal·lació

El factor de **conservació de la instal·lació** ( $f_c$ ) és determinant a l'hora de fer els càlculs de les lluminàries i queda determinat per la pèrdua de flux lluminós de les làmpades a causa tant del seu envelliment natural, com de la pols i brutícia que hi hagi a l'estança. Per exemple, no és el mateix instal·lar la lluminària d'un dormitori que d'una cuina, o millor encara, és molt diferent instal·lar la lluminària en un taller mecànic que en un despatx d'advocats.

A causa d'aquesta brutícia hi ha pèrdues de reflexió i transmissió de la lluminària.

Els valors del factor de conservació van des de 0,50 a 0,80. El valor de 0,80 correspon a llocs nets, amb lluminàries tancades, que es netegen sovint i on es fa un manteniment del local correcte. D'altra banda, el 0,50 correspon a un local amb poc o gens manteniment, brut i amb lluminàries obertes.

### 1.4.4 Nombre de punts de llum

Qualsevol estança pot estar il·luminada amb un nombre diferent de punts de llum; segons la nostra necessitat i la utilitat de l'habitatge o l'habitable en posarem una quantitat o una altra.

El nombre de punts de llum es calcula dividint el flux total que necessitem per a aquella estança i el flux nominal de la làmpada escollida per instal·lar-la.

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L}$$

on:

- $N$  = nombre de punts de llum o lluminàries.
- $\Phi_T$  = flux lluminós total (lm).
- $\Phi_L$  = flux lluminós nominal de la làmpada (lm).

#### Exemple de càlcul del nombre de punts de llum:

Quants punts de llums seran necessaris si necessitem un flux total de 400.000 lm i cada lluminària proporciona 23.000 lm?

$$N = \frac{400.000 \text{ lm}}{23.000 \text{ lm}} = 17,39$$

És a dir, 18 punts de llum.

Per tant, si tenim una lluminària que ofereix més flux que no pas una altra de semblant, necessitarem menys punts de llum per il·luminar correctament aquella estança.

### 1.4.5 Exemple de càlcul d'enllumenat

Per poder entendre d'una manera més clara el càlcul d'enllumenat interior, veurem un exemple d'il·luminació d'una nau industrial.

Les dades del local són les següents:

- Local de 16 m x 40,4 m
- Factor de reflexió del sostre = 0,5
- Factor de reflexió de les parets = 0,3
- Factor de reflexió del terra = 0,1
- El factor de conservació, atès que és una estança en un habitatge net, és 0,8.
- Superfície del local = 646,4 m
- Pla de treball = 0,8 m

- Alçària del local = 5,8 m
- Local industrial amb necessitat lumínica de 500 lux

Les dades de la lluminària són les següents:

- $V_{sap}$ -400 W /E-E-40
- Rendiment de la lluminària = 0,85
- Flux de la lluminària = 54.000 lm
- Longitud de la lluminària = 0,57 m

El rendiment del local es pot consultar en la taula facilitada en l'annex. Els coeficients de reflexió es treballen en les taules 6 i 7 del subapartat "Rendiment de la il·luminació" d'aquest nucli d'activitat.

Calculem primer l'alçada útil del local industrial:

$$h = 5,8 \text{ m} - 0,57 \text{ m} - 0,8 \text{ m} = 4,43 \text{ m}$$

Hem restat a l'alçada total de la nau industrial l'alçada del pla de treball, de 0,8 m, i la distància del sostre fins a la lluminària, que està en suspensió.

Índex  $K$  del local:

$$K = \frac{40,4 \text{ m} \cdot 16 \text{ m}}{4,43 \text{ m} \cdot (40,4 \text{ m} + 16 \text{ m})} = 2,6$$

Si observem les taules de l'annex, tenim una lluminària semiintensiva i si ens fixem en la fila de  $K = 2,5$ , tenim 0,83. Si interpolem, tenim que a 2,6, el rendiment del local és 0,84.

Calculem el rendiment total:

$$\eta = 0,84 \cdot 0,85 = 0,71$$

Apliquem la fórmula del flux necessari total i tenim:

$$\Phi = \frac{500 \text{ lux} \cdot 646,4 \text{ m}^2}{0,71 \cdot 0,8} = 569.014,1 \text{ lm}$$

El nombre total de làmpades és el següent:

$$N = \frac{569.014,1 \text{ lm}}{54.000 \text{ lm}} = 11 \text{ lluminaries}$$



## 2. Instal·lacions elèctriques interiors en locals comercials, d'oficines i indústries

Les condicions de les instal·lacions interiors en locals comercials i d'oficines tenen com a referència el que estableix l'REBT en la ITC BT 19 basada en la norma UNE 20.460-3.

Els circuits de les instal·lacions interiors de locals comercials i d'oficines han d'estar protegits contra sobreintensitats a l'origen de la instal·lació. Normalment, aquestes instal·lacions són alimentades per un sistema trifàsic més neutre.

Els locals amb característiques especials i els de finalitats especials no són objecte d'aquesta unitat, com tampoc no ho són els locals amb aflluència de públic classificats com a *concurrència pública*.

### 2.1 Sistemes d'instal·lacions elèctriques en locals, oficines i indústries

En els locals i oficines, el sistema d'instal·lació més utilitzat són les canalitzacions amb tub i en fals sostre. Aquest tipus d'instal·lació sempre s'ha d'executar abans que els muntadors del sostre el col·loquin.

Uns dels sistemes més emprats és sota tub rígid que es pugui corbar en calent amb muntatge superficial i amb canal protectora. Cada lloc requereix un sistema o un altre segons les necessitats i l'activitat que es duu a terme.

Un altre sistema d'instal·lació que també s'utilitza molt, i que cada vegada s'implanta més, són les canalitzacions prefabricades.

Els sistemes d'instal·lacions no són únics i poden conviure diferents sistemes en la mateixa instal·lació, sempre d'acord amb el que indica l'REBT a l'hora d'instal·lar cada sistema.

#### 2.1.1 Instal·lació elèctrica amb tub

La instal·lació amb tub es pot fer encastada a la paret o en superfície amb tubs metàl·lics i no metàl·lics. Els conductors aïllats utilitzats han de tenir una tensió assignada no inferior a 450/750 V i els tubs han de complir el que estableix la ITC BT 21.

Les característiques de protecció de la unió entre el tub i els accessoris correspo-

nents no han de ser inferiors a les declarades per al sistema de tubs. La superfície interior dels tubs no ha de tenir en cap punt arestes, aspreses o fissures susceptibles de fer malbé els conductors o cables armats o de causar ferides a instal·ladors o usuaris.

Les dimensions dels tubs no enterrats i amb unió roscada utilitzats en les instal·lacions elèctriques són les que prescriu la UNE- EN 60.423. Per als tubs enterrats, les dimensions es corresponen amb el que indica la norma UNE- EN 50.086 -2 -4.

#### Classificació dels tubs

Els tubs es classifiquen segons el que es disposa en les normes següents: UNE- EN 50.086 -2 -1: sistemes de tubs rígids. UNE- EN 50.086 -2-2: sistemes de tubs que es poden corbar. UNE- EN 50.086 -2-3: sistemes de tubs flexibles. UNE- EN 50.086 -2-4: sistemes de tubs enterrats.

Recordeu que la denominació del tub depèn del diàmetre exterior.

Les corbes dels tubs han de ser contínues i no poden originar reduccions de secció inadmissibles. Els radis mínims de curvatura per a cada classe de tub són els que especifica el fabricant d'acord amb la UNE-EN 50.086 -2-2.

Ha de ser possible introduir i retirar fàcilment els conductors en els tubs després de col·locar-los i que estiguin fixats i els accessoris corresponents.

Cal col·locar els registres que es consideri convenient, que en trams rectes no poden estar separats entre si més de quinze metres. El nombre de corbes en angle situades entre dos registres consecutius no ha de ser superior a tres.

Els conductors s'allotgen normalment als tubs després d'haver-los col·locat.

Els registres poden estar destinats únicament a facilitar la introducció i la retirada dels conductors als tubs o servir alhora com a caixes d'empalmament o derivació.

Les connexions entre conductors s'han de fer a l'interior de caixes apropiades de material aïllant i no propagador de la flama. Si són metàl·liques han d'estar protegides contra la corrosió. Les dimensions d'aquestes caixes han de permetre allotjar-hi amb comoditat tots els conductors que hagin de contenir. La seva profunditat ha de ser almenys igual al diàmetre del tub més gran més un 50% d'aquest, amb un mínim de 40 mm. El diàmetre o costat interior mínim ha de ser de 60 mm. Quan es vulguin fer estanques les entrades dels tubs a les caixes de connexió, cal emprar premsaestopa o ràcords adequats.

A l'hora d'instal·lar els tubs, s'han de tenir en compte les consideracions següents:

- Les corbes dels tubs han de ser contínues i no poden originar reduccions de secció inadmissibles. Els radis mínims de curvatura per a cada classe de tub són els que especifica el fabricant d'acord amb la UNE-EN 50.086 -2-2.
- Ha de ser possible introduir i retirar fàcilment els conductors en els tubs després de col·locar-los i que estiguin fixats i els accessoris corresponents. I, per a això, cal col·locar els registres que es consideri convenient, que, en trams rectes, no poden estar separats entre si més de quinze metres. El nombre de corbes en angle situades entre dos registres consecutius no ha de ser superior a tres. Els conductors s'allotgen normalment als tubs després d'haver-los col·locat.
- Els registres poden estar destinats únicament a facilitar la introducció i la retirada dels conductors als tubs o servir alhora com a caixes d'empalmament o derivació.

- Les connexions entre conductors s'han de fer a l'interior de caixes apropiades de material aïllant i no propagador de la flama. Si són metàl·liques han d'estar protegides contra la corrosió. Les dimensions d'aquestes caixes han de permetre allotjar-hi amb comoditat tots els conductors que hagin de contenir. La seva profunditat ha de ser almenys igual al diàmetre del tub més gran més un 50% d'aquest, amb un mínim de 40 mm. El diàmetre o costat interior mínim ha de ser de 60 mm. Quan es vulguin fer estanques les entrades dels tubs a les caixes de connexió, cal emprar premsaestopa o ràcords adequats.
- En cap cas no es permet unir conductors com a empalmaments o derivacions per simple retorçiment o enrotllament entre si dels conductors, sinó que s'ha de dur a terme sempre fent servir borns de connexió muntats individualment o constituint blocs o interlínies de connexió; així mateix, es pot permetre que s'hi facin servir brides de connexió. El retorçiment o enrotllament de conductors no es refereix als casos en què es faci servir qualsevol dispositiu connector que asseguri una unió correcta entre els conductors, encara que se'n produeixi el retorçiment parcial i amb la possibilitat que es puguin desmuntar fàcilment. Els borns de connexió per a ús domèstic o anàleg han de ser conformes amb el que estableix la part corresponent de la norma UNE-EN 60.998.
- Durant la instal·lació dels conductors, perquè l'aïllament d'aquests no pugui ser danyat per la fricció amb les vores lliures dels tubs, els extrems dels tubs, quan siguin metàl·lics i penetrin en una caixa de connexió o aparell, han d'estar proveïts de brocs amb vores arrodonides o dispositius equivalents, o bé, les vores han d'estar arrodonides convenientment.
- En els tubs metàl·lics sense aïllament interior, s'han de tenir en compte les possibilitats que es produeixin condensacions d'aigua a l'interior; per aquest motiu, s'ha d'escollir convenientment el traçat de la instal·lació dels tubs, preveure l'evacuació i establir una ventilació apropiada a l'interior dels tubs mitjançant el sistema adequat, com, per exemple, l'ús d'una «T» un dels braços de la qual no s'empra.
- Els tubs metàl·lics que siguin accessibles s'han de connectar a terra; la continuïtat elèctrica ha de quedar assegurada convenientment. En el cas que es facin servir tubs metàl·lics flexibles, cal que la distància entre dues connexions a terra consecutives dels tubs no passi de deu metres.
- No es poden fer servir els tubs metàl·lics com a conductors de protecció o de neutre.
- Per col·locar els conductors s'ha de seguir el que assenyala la ITC-BT -20.
- A fi d'evitar els efectes de la calor emesa per fonts externes (distribucions d'aigua calenta, aparells i llums, processos de fabricació, absorció de la calor del medi circumdant, etc.) les canalitzacions s'han de protegir fent servir els mètodes eficaços següents:
  - Pantalles de protecció calorífuga.

- Allunyament suficient de les fonts de calor.
- Elecció de la canalització adequada que suporti els efectes nocius que es puguin produir.
- Modificació del material aïllant que s'ha d'emprar.

Aquestes prescripcions són per a qualsevol tipus d'instal·lació amb tubs protectors.

### 2.1.2 Instal·lació fixa de tubs en superfície

En instal·lacions comercials dintre de naus industrials i en algunes oficines és molt comú trobar-se amb instal·lacions fixes de tubs en superfície combinades amb instal·lació sobre safata.

Quan es fa una instal·lació amb tub vist, sempre s'han de tenir en compte unes condicions particulars que regula la ITC BT 21. Aquestes prescripcions són les següents:

- Els tubs es fixen a les parets o els sostres per mitjà de brides o abraçadores protegides contra la corrosió i subjectes sòlidament. La distància entre aquestes ha de ser, com a màxim, de 0,50 m. S'han de col·locar fixacions d'una part i de l'altra en els canvis de direcció, als empalmaments i a la proximitat immediata de les entrades en caixes o aparells.
- Els tubs s'han de col·locar adaptant-se a la superfície sobre la qual s'instal·len, corbant-se o usant els accessoris necessaris.
- En alineacions rectes, les desviacions de l'eix del tub respecte a la línia que uneix els punts extrems no poden ser superiors al 2%.
- És convenient situar els tubs, sempre que sigui possible, a una altura mínima de 2,50 m sobre el terra, per tal de protegir-los de danys mecànics eventuals.
- En els encreuaments de tubs rígids amb juntes de dilatació d'un edifici, s'han d'interrompre els tubs, i els extrems del tub s'han de separar entre si 5 cm, aproximadament, i empalmar-los posteriorment mitjançant maneguins lliscants que tinguin una longitud mínima de 20 cm.

A l'hora d'escollir el diàmetre del tub s'ha de consultar la taula 2 de l'REBT, ITC BT 21, on es recullen els diàmetres exteriors en funció del nombre de conductors que allotja i la secció d'aquests. En la taula 2.1 es reproduïx la taula 2 de l'REBT, ITC BT 21.

**TAULA 2.1.** Diàmetres exteriors mínims dels tubs segons el nombre i la secció dels conductors unipolars

Secció nominal (mm <sup>2</sup> )	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16

TAULA 2.1 (continuació)

Secció nominal (mm <sup>2</sup> )	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–	–	–

Quan hem d'instal·lar més de cinc conductors a dintre d'un tub o conductors amb seccions diferents, s'ha d'escollir un diàmetre interior que pugui allotjar tres vegades la secció que ocupen els conductors a l'interior del tub.

### 2.1.3 Instal·lació fixa de tubs encastats

Quan es fa una instal·lació amb tub encastat a la paret, sempre cal tenir en compte unes condicions que regula la ITC BT 21 en l'apartat 2.3. Aquestes condicions són les següents:

- En la instal·lació dels tubs a l'interior dels elements de la construcció, les regates no han de posar en perill la seguretat de les parets o sostres on es practiquin. Les dimensions de les regates han de ser suficients perquè els tubs quedin recoberts per una capa d'1 cm de gruix, com a mínim. En els angles, el gruix d'aquesta capa es pot reduir a 0,5 cm.
- No s'han d'instal·lar entre el forjat i el revestiment tubs destinats a la instal·lació elèctrica de les plantes inferiors.
- Per a la instal·lació corresponent a la mateixa planta, es poden instal·lar únicament, entre el forjat i el revestiment, tubs que han de quedar recoberts per una capa de formigó o morter d'1 cm de gruix, com a mínim, a més del revestiment.
- En els canvis de direcció, els tubs han d'estar corbats o bé proveïts convenientment de colzes o «T» apropiats, però en aquest últim cas només s'admeten els proveïts de tapes de registre.



Tub corrugat encastat a la paret.

- Les tapes dels registres i de les caixes de connexió han de quedar accessibles i desmuntables una vegada finalitzada l'obra. Els registres i les caixes han de quedar enrasats amb la superfície exterior del revestiment de la paret o el sostre quan no s'instal·lin a l'interior d'un allotjament tancat i practicable.
- En el cas que es facin servir tubs encastats en parets, és convenient col·locar els recorreguts horitzontals a 50 cm, com a màxim, del terra o els sostres, i els verticals, a una distància dels angles de cantonades no superior a 20 cm.

A l'hora d'escollir el diàmetre del tub s'ha de consultar la taula 5 de l'REBT, ITC BT 21, on es recullen els diàmetres exteriors en funció del nombre de conductors que allotja i la secció d'aquests. En la taula 2.2 es reproduïx la taula 5 de l'REBT, ITC BT 21.

**TAULA 2.2.** Diàmetres exteriors mínims dels tubs segons el nombre i la secció dels conductors unipolars

Secció nominal (mm <sup>2</sup> )	Nombre de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	..
150	50	63	75	..	..
185	50	75	..	..	..
240	63	75	..	..	..



Safates metàl·liques perforades amb enllumenat adossat a la part inferior de la safata

#### 2.1.4 Instal·lació elèctrica amb safata

Aquest tipus d'instal·lació normalment va acompanyada d'altres sistemes; per exemple, de tubs o canals. Les safates són les portadores de les línies principals i les derivacions normalment es fan amb un altre sistema d'instal·lació. Les safates es poden classificar segons la conductivitat elèctrica que tenen:

- Safates aïllants
- Safates metàl·liques

Dintre d'aquesta classificació trobem: amb tapa o sense tapa, perforades o enreixades.

L'REBT, en la ITC BT 20, apartat 2.2.9 i en la guia tècnica de la mateixa instrucció tècnica complementària inclou les prescripcions que han de complir les instal·lacions amb safata.

La norma aplicable a les safates i safates d'escala és la norma UNE- EN 61537, "Sistemes de safates i safates d'escala per a conducció de cables".

La guia tècnica d'aquesta ITC aconsella la utilització de cable de tensió assignada 0,6/1 kV. També dona la possibilitat de fixar caixes de connexions o derivació sobre la mateixa safata.

El traçat de les canalitzacions es fa seguint preferentment línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectua la instal·lació.

### 2.1.5 Instal·lacions elèctriques amb canal protectora

La **canal protectora** és un conducte d'instal·lació elèctrica constituït per un perfil, de parets plenes o perforades, destinat a contenir conductors i altres elements elèctrics.

Les canals protectores poden ser metàl·liques o de materials plàstics no propagadors de la flama. Depenent del lloc on es trobi, s'han de tenir en compte les condicions atmosfèriques per escollir el tipus de canal més adient. El nombre màxim de conductors que pot allotjar la canal dependrà de la secció dels conductors i de la condició de la canal d'allotjar també mecanismes.

En les canals de grau de protecció IP4X o superior i classificades com a "canals amb tapa d'accés que només es pot obrir amb eines" d'acord amb la norma UNE –EN 50085, és possible:

- Fer servir aïllant, de tensió assignada 450/750 V.
- Col·locar mecanismes com ara interruptors, preses de corrent, dispositius de comandament i control, etc., a l'interior, sempre que es fixin segons les instruccions del fabricant.
- Dur a terme empalmaments de conductors a l'interior i connexions als mecanismes.

En les canals de grau de protecció inferior a IP4X o classificades com a "canals amb tapa d'accés que es pot obrir sense eines" d'acord amb la norma UNE –EN 50085, només es pot fer servir conductor aïllat sota coberta estanca, de tensió assignada mínima 300/500V.

---

Les canals han de ser conformes a les normes de la sèrie UNE -EN 50085.

---

## Instal·lació i col·locació de les canals

En les instal·lacions amb canal, és molt important tenir cura a l'hora d'escollir les trajectòries. És una instal·lació vista i, per tant, l'estètica és molt important, com també ho són els acabaments i els canvis de sentit.

En trams rectes, les canals s'uneixen perfectament si no es fa coincidir el final de la canal amb el final de la tapa. La tapa i la base de la canal han d'anar intercalades.

Cada 0,5 m, s'ha de col·locar un pont a la canal per millorar la resistència de la canal i per evitar el despreniment dels conductors quan s'obre la canal en trams llargs. Aquest pont queda amagat un cop es tanca la canal.

La instal·lació i posada en obra de les canals protectores ha de complir el que indiquen la norma UNE 20.460 -5-52 i les instruccions ITC-BT-19 i ITC-BT-20.

El traçat de les canalitzacions s'ha de fer seguint preferentment línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten al local on s'efectua la instal·lació.

Les canals amb conductivitat elèctrica s'han de connectar a la xarxa de terra, i la continuïtat elèctrica n'ha de quedar assegurada convenientment. S'han de connectar els diferents trams de canal amb un conductor de protecció que faci de pont entre les canals. També es pot passar sobre la canal un cable nu de coure i connectar-lo un cop a cada tram a la canal amb una connexió especial.

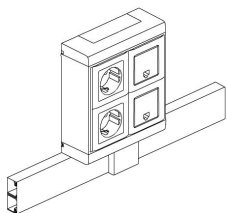
No es poden fer servir les canals com a conductors de protecció o de neutre, llevat del que disposa la instrucció ITC-BT-18 per a canalitzacions prefabricades.

La tapa de les canals ha de quedar sempre accessible.



Pont canal. Exemple de la col·locació d'un pont en canal.

### 2.1.6 Instal·lació elèctrica amb canal motllura

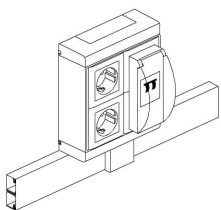


Mecanismes adossats a una motllura.

La **canal motllura** és un conducte d'instal·lació elèctrica constituït per un perfil, de petites dimensions, destinat a allotjar conductors al seu interior.

És una manera d'instal·lar que, normalment, va acompanyada d'un altre tipus de canalització com a instal·lació principal. No és un sistema aconsellat per a instal·lacions noves, sinó que més aviat està pensat per a modificacions de traçats de la instal·lació. Tanmateix, podem trobar una instal·lació feta en gran part per motllures, com es pot veure en la figura 2.1.

En les motllures, no podem incorporar al seu interior ni mecanismes ni connexions. Per tant, s'han d'instal·lar també caixes de connexions de superfície i caixetins de superfície per a mecanismes.



Mecanismes i aparells de protecció adossats a una motllura.



**FIGURA 2.1.** Instal·lació elèctrica amb canal motllura

### 2.1.7 Instal·lació elèctrica amb sòcol tècnic

El **sòcol tècnic** és un conducte d'instal·lació elèctrica constituït per un perfil, de dimensions idèntiques a un sòcol, destinat a allotjar conductors al seu interior.

Allà on no poden passar els conductors per dintre de la paret hem de fer servir canal o tub. Si mirem que la instal·lació tingui una bona estètica, la millor solució és un sòcol tècnic (vegeu la figura 2.2).



Exemple d'instal·lació d'un sòcol tècnic de la marca UNEX.

**FIGURA 2.2.** Sòcol tècnic amb els espais reservats per a cada tipus d'instal·lació.

(1) Espai reservat per a la instal·lació elèctrica. (2) Espai reservat per a la instal·lació de telecomunicacions. (3) Espai reservat per a la instal·lació de televisió. (4) Espai reservat per a la instal·lació de telefonia i ADSL.

Aquesta és una alternativa força interessant si volem dissimular el traçat de la instal·lació.

Per a què la instal·lació sigui conforme a l'REBT (ITC-BT-20, *Rodapiés ranurados*), no s'han d'instal·lar cables elèctrics en el compartiment inferior. Es garanteix així la distància de seguretat respecte al sòl (1,5 cm).

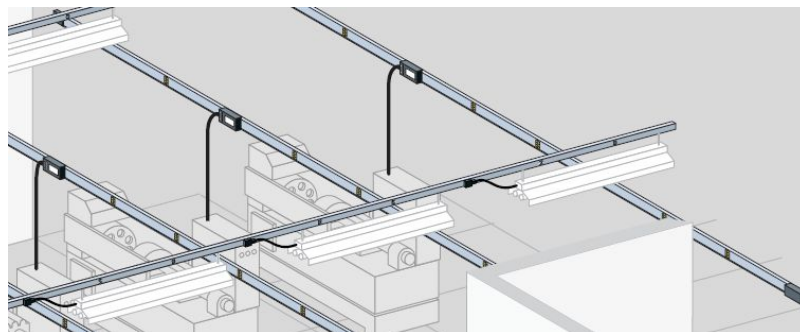
### 2.1.8 Instal·lació elèctrica amb canalitzacions prefabricades

Les **canalitzacions prefabricades** són conductes d'instal·lacions elèctriques constituïdes per un perfil rectangular en què els conductors elèctrics ja vénen incorporats de fàbrica. Tenen punts de connexió al llarg de tota la seva longitud per connectar altres canalitzacions o receptors.

S'utilitzen en instal·lacions comercials i industrials on és necessària una seguretat addicional a les canalitzacions, que només pot oferir el fabricant de la mateixa canal. També és interessant conèixer aquest mètode d'instal·lar pel fet que estalvia molt temps d'execució.

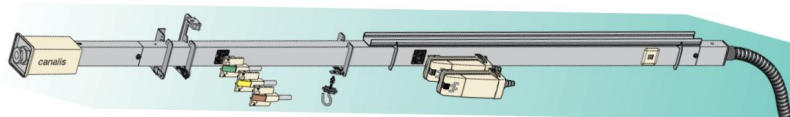
En la figura 2.3 es pot veure un exemple d'instal·lació d'un taller de mecanització amb canal prefabricada. La instal·lació d'il·luminació i la instal·lació d'alimentació dels torns industrials són canals prefabricades.

**FIGURA 2.3.** Imatge d'exemple d'instal·lació amb canal prefabricada del grup Schneider Electric



En la figura 2.4 es representa un detall de la canal de distribució d'il·luminació. Aquesta canal també serveix com a suport per penjar els conjunts fluorescents.

**FIGURA 2.4.** Imatge d'exemple d'instal·lació amb canal de distribució d'il·luminació prefabricada del grup Schneider Electric



## 2.2 Conductors elèctrics per a instal·lacions de locals, oficines i indústries

Els conductors no propagadors de la flama i opacitat reduïda de fums ja s'instal·len en tots els locals i les oficines, encara que no tinguin la qualificació de concurrència pública.

Els conductors elèctrics en instal·lacions elèctriques de locals i oficines s'han d'escollir segons les condicions atmosfèriques, el tipus d'instal·lació i les canalitzacions que allotgen aquests conductors.

El material que es pot fer servir és el coure, segons el que estableix la ITC BT 26. Els conductors han d'estar aïllats.

El tipus d'aïllament dependrà del lloc on s'instal·li i de les influències externes.

En locals on tingui la categoria de *concurrència pública*, segons la ITC BT 28, els conductors han de ser no propagadors de la flama i de baixa opacitat de fums.

Els conductors actius de cada circuit o línia han de ser identificats per la secció o pel traçat en la instal·lació. La identificació de les tres fases es fa amb els colors negre, marró i gris, respectivament per a L1, L2 i L3. El conductor neutre serà de color blau clar.

### 2.2.1 Secció dels conductors. Caigudes de tensió

Les seccions dels conductors en instal·lacions de locals i oficines depenen del consum del receptor i de la longitud de la línia. Per tant, podem trobar una secció de 2,5 mm<sup>2</sup> en un circuit d'enllumenat.

Els conductors de la instal·lació, en alguns casos han de travessar llocs diversos i allotjar-se en canalitzacions diferents.

La **secció dels conductors** s'ha de determinar per a cada circuit de manera que la caiguda de tensió entre el quadre de comandament i protecció i el final del circuit no superi el 3% per a l'enllumenat i el 5% per a la resta de circuits.

En el cas d'una indústria que s'alimenti directament en alta tensió mitjançant un transformador de distribució propi, la caiguda de tensió des del transformador fins al receptor no ha de superar el 4,5% per a un circuit d'enllumenat i el 6,5% per als altres circuits. Per calcular la caiguda de tensió d'una línia fem servir l'expressió següent:

- $e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma_t \cdot s \cdot U}$ : per a circuits monofàsics.
- $e = \frac{P \cdot L}{\gamma_t \cdot s \cdot U}$ : per a circuits trifàsics.

on:

- $e$ : caiguda de tensió en volts (V).
- $P$ : potència en watts (W).
- $U$ : tensió nominal en volts (230 V en monofàsic i 400 V en trifàsic).
- $L$ : longitud de la línia en metres.

- $\gamma_t$ : Conductivitat elèctrica del material conductor.

A la taula 2.3 podeu consultar l'evolució de la conductivitat del coure amb la temperatura.

**TAULA 2.3.** Conductivitats,  $\gamma$ , (en  $m/(\Omega \times mm^2)$ ) per al coure a temperatures diferents

Material	$\gamma_{20^\circ}$	$\gamma_{70^\circ}$	$\gamma_{90^\circ}$
Coure	56	48	44

#### Exemple de càlcul de caiguda de tensió:

Un circuit d'enllumenat d'unes oficines té connectats deu equips fluorescents d'alt rendiment de  $4 \times 32$  W. Calculeu la caiguda de tensió de la línia si sabem que entre el quadre de comandament i protecció i el punt de llum més allunyat hi ha 20 m. Primer de tot, calculem la potència:

$$P = 10 \cdot 4 \cdot 32 \text{ W} = 1.280 \text{ W}$$

Després calculem la caiguda de tensió, considerant que és un circuit d'enllumenat i té una secció mínima d'1,5  $mm^2$ :

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma_t \cdot s \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.280 \text{ W} \cdot 20 \text{ m}}{\gamma_{20} \cdot 1,5 \text{ mm}^2 \cdot 230 \text{ V}} = 2,65 \text{ V}$$

Hem de calcular quin tant per cent representen els 2,65 V sobre els 230 V:

$$e(\%) = \frac{e}{U} \cdot 100 = \frac{2,65 \text{ V}}{230 \text{ V}} \cdot 100 = 1,15\%$$

Per tant, aquest circuit té una caiguda de tensió de l'1,15%, que és inferior al màxim permès (3% per a l'enllumenat d'oficines).

## 2.2.2 Intensitats màximes admissibles

Les intensitats màximes admissibles es regeixen pel que indiquen la norma UNE 20.460-5-523 i l'annex nacional corresponent.

El mètode d'instal·lació que ens indica la taula de l'annex es designa amb una lletra, que agrupa diversos tipus d'instal·lació. Per exemple, una instal·lació elèctrica sobre safata perforada horitzontal és de tipus E. Aquesta lletra ens ajudarà a buscar el corrent màxim admissible en la taula de corrent màxim admissible, extreta de la norma UNE 20.460-5-523:2004.

La manera d'interpretar la taula de corrent màxim admissible és la següent:

- Primerament s'ha de saber quin mètode d'instal·lació es farà servir en la instal·lació que estem dissenyant.
- Després s'ha d'escollir l'aïllant i el nombre de pols, que poden ser:
  - 2 x PVC: línia monofàsica (fase i neutre) d'aïllant de policlorur de vinil (també vàlid per a conductors amb aïllant termoplàstic fet de poliolefina de tipus Z1).

En la taula de l'annex, en l'apartat web podem trobar un document que ens indica els tipus d'instal·lacions de conductors no soterrats segons la norma UNE 20.460-5-523:2004.

En l'apartat d'annex d'aquesta unitat trobareu la taula de les intensitats màximes admissibles segons la taula A.52-1bis de la norma UNE 20.460-5-523:2004.

- 3 x PVC: línia trifàsica d'aïllant de policlorur de vinil (també vàlid per a conductors amb aïllant termoplàstic fet de poliolefina de tipus Z1).
  - 2 x XLPE: línia monofàsica (fase i neutre) d'aïllament de polietilè reticulat, etilè propilè i equivalents.
  - 3 x XLPE: línia trifàsica d'aïllament de polietilè reticulat, etilè propilè i equivalents.
- Seguidament, baixem per la columna corresponent i obtindrem el número de columna que hem de consultar.
  - Per acabar, mirem la secció de la línia en la primera columna i, seguint la fila de la secció escollida, busquem el corrent màxim admissible per a la columna resultant de l'apartat anterior.

#### Exemple d'aplicació de la taula de corrent màxim admissible

Unes oficines en què tota la instal·lació és feta sota sòcol tècnic, tenen una línia monofàsica que alimenta sis ordinadors, dues impressores i una fotocopiadora. Aquesta línia està dissenyada perquè hi passi un corrent de 16 A, com a màxim. Els conductors són unipolars de 2,5 mm<sup>2</sup> de secció i aïllament de PVC. Comproveu que el conductor escollit és el correcte per corrent màxim admissible.

De primer busquem en la taula 4 el mètode d'instal·lació per assignar-li una lletra. En aquest cas, tenim una instal·lació amb sòcol tècnic; per tant, és el mètode B1. Els conductors són unipolars.

Un cop tenim el mètode d'instal·lació identificat, busquem en la primera columna de la taula 5 la lletra del mètode. En aquest cas, B1. Si seguim la fila B1 cap a la dreta ens trobem els diversos tipus d'aïllament. En el cas que ens ocupa és el 2 x PVC, línia monofàsica (fase i neutre) d'aïllant de policlorur de vinil.

Si baixem per la columna corresponent trobem que és la columna 6.

Ara mirem la secció de 2,5 mm<sup>2</sup> en la primera columna i seguim la fila cap a la dreta fins a trobar el valor del corrent màxim admissible de la columna 6. En aquest cas, el corrent màxim admissible és de 21 A. Això vol dir que el conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> de PVC en instal·lació a dintre de sòcol tècnic suporta una intensitat del corrent elèctric de 21 A, com a màxim. El corrent que s'ha previst que circuli i per al qual s'ha dissenyat la instal·lació és de 16 A, inferior als 21 A que suporta la línia.

La secció escollida és la correcta per intensitat màxima admissible.

## 2.3 Conductors de protecció

Els conductors de protecció, com qualsevol instal·lació, tenen la funció de conduir el corrent residual produït per una fallada. En les instal·lacions d'oficines i comerços tenim la mateixa instal·lació de terra que en un habitatge. El conductor de protecció s'identifica pels colors groc i verd al llarg de la seva longitud. Quan en una instal·lació tenim diverses línies amb tensions nominals diferents, cadascuna ha de portar el conductor de protecció corresponent.

Es recomana que en cada canalització on se situï algun conductor actiu, també es passi el conductor de protecció, encara que la destinació de la canalització ja

tingui un conductor de protecció. No és una pràctica obligada, però sí recomanada. En cas de passar un conductor de protecció dins d'una canalització, ha de ser de la mateixa secció del conductor actiu de més secció que passa per dintre de la canalització. Les seccions mínimes dels conductors de protecció es mostren en la taula 2.4.

**TAULA 2.4.** Secció del conductor de protecció en funció del conductor de fase

Secció dels conductors de fase o polars de la instal·lació (en mm <sup>2</sup> )	Secció mínima del conductor de protecció (en mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S(*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(\*) Amb un mínim de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si els conductors de protecció no formen part de la canalització d'alimentació i tenen una protecció mecànica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si els conductors de protecció no formen part de la canalització d'alimentació i no tenen una protecció mecànica.

Quan en una instal·lació elèctrica es tria una canalització metàl·lica, aquesta ha d'estar connectada a terra i ha d'assegurar la continuïtat en tot el recorregut.

## 2.4 Elements i mecanismes en les instal·lacions interiors d'oficines i locals comercials

Les instal·lacions comercials, d'oficines i industrials tenen un gran nombre de circuits, ja que la separació de circuits és una prioritat. D'aquesta manera, en cas d'avaria, es pot desconnectar un circuit sense afectar el funcionament de l'empresa.

Una altra particularitat és la subdivisió de circuits amb subquadres de comandament i protecció. L'objectiu és comandar per zones i poder identificar més bé una avaria.

En el món industrial tenim com a particularitat l'alimentació d'una màquina per un únic circuit. Per tant, ens podem trobar un receptor alimentat amb una línia única. També tenim les proteccions de la màquina, a peu de màquina.

Els mecanismes elèctrics per al comandament de la instal·lació normalment se situen a l'interior del quadre de comandament. Són molts els avantatges de centralitzar el control en un quadre elèctric:

- Localització més ràpida d'avaries.
- Manipulació indeguda pel personal que treballa a l'empresa.
- Més bon control de les instal·lacions.

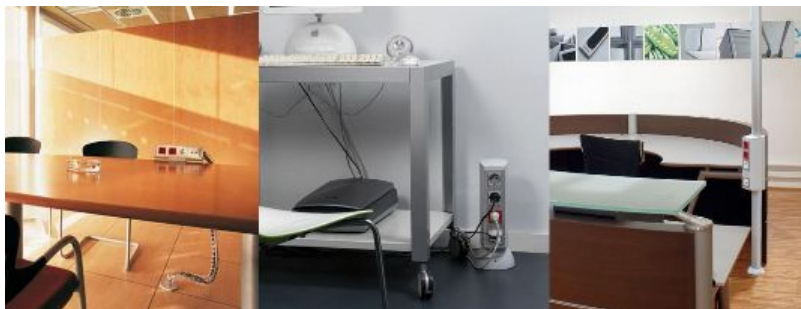
En alguns casos no és pràctica la centralització dels mecanismes a dintre del quadres elèctrics, per exemple, en una aula de formació o un despatx, i és

convenient instal·lar els mecanismes a les parets o als marcs de les portes si les divisions entre estances es fa mitjançant fusteria d'alumini amb vidres.

### 2.4.1 Preses de corrent

En les oficines, podem trobar les preses de corrent a les taules dels despatxos, en torretes i en columnes (figura 2.5). També les podem trobar al terra i a les parets.

FIGURA 2.5. Exemples d'instal·lació de preses de corrent en oficines



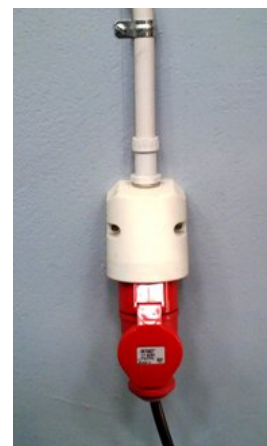
També hi podem trobar preses de corrent al terra instal·lat amb paviment tècnic.

En el sector industrial, les preses de corrent són també especials i la majoria són amb mètode d'instal·lació amb tub rígid en superfície.

Les preses de corrent en el sector industrial tenen una codificació de colors depenent de la tensió nominal de treball, tal com s'indica en la taula 2.5.

TAULA 2.5. Codificació de colors de les preses de corrent industrial en funció de la tensió nominal de treball en V

Tensió nominal de treball (V)	Colors
de 20 a 25	Violat
de 40 a 50	Blanc
de 100 a 130	Groc
de 200 a 250	Blau
de 380 a 480	Vermell
de 500 a 690	Negre



Endoll trifàsic industrial muntat en superfície.

La posició horària (h) es determina amb la base vista de front, observant la posició de contacte de terra respecte al punt de referència principal posicionat sempre a l'hora 6.

Cada posició horària i color simbolitza un rang de tensió i l'ús; per exemple, en corrent continu es fan servir l'hora 3 o l'hora 8.

## 2.5 Quadres primaris i secundaris de comandament i protecció

Les proteccions elèctriques són imprescindibles en qualsevol instal·lació. En els comerços, oficines i indústries hi pot haver més d'un quadre i se subdivideix una instal·lació en diversos subquadres repartits per les diferents zones.

Els quadres de comandament i protecció d'un comerç, oficines o indústries han d'estar ben tancats i no poden ser manipulats per persones no qualificades.

Tots els dispositius han d'estar identificats en el quadre amb una etiqueta, indicant el circuit que protegeix.

Els quadres de comandament i protecció poden ser grans i amb un nombre elevat de dispositius de protecció i de comandament.

### 2.5.1 Quadre general de comandament i protecció

**El quadre general de comandament i protecció** és el quadre que allotja al seu interior els dispositius generals de comandament i protecció de la instal·lació elèctrica.

El quadre general de comandament i protecció s'ha de situar tan a prop com sigui possible de la derivació individual i de l'entrada del comerç o oficines.

Els dispositius generals de comandament i protecció són els següents:

- Un interruptor general automàtic (IGA) de tall omnipolar d'accionament manual i que protegeixi contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Un interruptor diferencial general, destinat a protegir contra contactes indirectes, tret que la protecció es faci per altres dispositius segons la ITC BT 24.
- Un dispositiu de protecció contra sobretensions, segons la ITC BT 23. És obligat per la companyia elèctrica.

Es pot prescindir de l'interruptor diferencial si assegurem que tots els circuits estan protegits amb un interruptor diferencial propi.

L'alçada mínima a la qual ha d'estar el quadre és 1 m.

A la tapa del quadre és obligat enganxar una etiqueta amb les dades de l'empresa instal·ladora. Els dispositius de comandament i protecció es poden instal·lar en posició vertical i horitzontal. En cada cas s'han de seguir sempre les instruccions del fabricant de l'element.

---

Els quadres han de tenir un grau de protecció IP30 i protecció contra impactes IK07, segons la norma UNE 50.102.



## 2.5.2 Quadres secundaris de comandament i protecció

Els **quadres secundaris** s'alimenten d'un altre quadre principal o secundari.

Els quadres secundaris estan destinats a protegir una part de la instal·lació concreta i se situa dintre de la zona de la instal·lació que s'ha de protegir.

El quadre secundari ha de tenir:

- Un interruptor general automàtic (IGA) de tall omnipolar d'accionament manual i que protegeixi contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Un interruptor diferencial general, destinat a protegir contra contactes indirectes, llevat que la protecció es faci per altres dispositius segons la ITC BT 24. (Es pot prescindir de l'interruptor diferencial si assegurem que tots els circuits estan protegits amb un interruptor diferencial propi.)

La línia d'alimentació del quadre secundari ha d'estar protegida amb un dispositiu de comandament i protecció que protegeixi contra sobrecàrrega i curtcircuit.

Els quadres secundaris poden estar en qualsevol lloc de la instal·lació sempre que es mantinguin tancats dintre d'un armari i no siguin accessibles per les persones no autoritzades a manipular-los.



Proteccions amb preses de corrent a peu de màquina en una indústria.

## 2.6 Elements d'instal·lacions comunes en edificis d'oficines i comercials

Les instal·lacions comunes en edificis d'oficines i comercials són les referides a les instal·lacions d'enllumenat de l'edifici, ascensor, lavabos, muntacàrregues i enllumenat exterior.

Les instal·lacions comunes s'han de gestionar sempre que sigui possible, ja que la reducció de consum energètic és imprescindible.

Dintre de l'apartat II del Codi tècnic de l'edificació (CTE), el document bàsic DB-HE detalla els objectes i les aplicacions relacionats amb l'estalvi energètic. En el subapartat HE3 ("Control i regulació d'il·luminació") es defineixen les solucions per a la instal·lació en zones d'ús esporàdic i per a l'aprofitament de la llum natural en zones d'activitat diferenciada.

El document bàsic HE3 exigeix als edificis que tinguin instal·lacions d'il·luminació adequades a les necessitats dels usuaris i eficaces energèticament, mitjançant sistemes de control que permetin ajustar la connexió de les lluminàries a l'ocupació de l'estança i per a zones amb unes condicions d'activitat

determinades, sistemes de regulació que optimitzin l'aprofitament de la llum natural exterior.

### 2.6.1 Automàtic d'escala en instal·lacions comunes en edificis d'oficines i comercials

Els elements que s'utilitzen per a les instal·lacions comunes tenen a veure amb el tipus d'ús que es fa de les instal·lacions.

L'**automàtic d'escala** és un temporitzador per a la desconexió que té la regulació de temps en minuts.

En un edifici amb molta afluència de personal o de públic és convenient sectoritzar tant com sigui possible l'enllumenat d'escala. L'automàtic d'escala es connecta de dues maneres:

- Instal·lació de minuter d'escala a tres fils
- Instal·lació de minuter d'escala a quatre fils

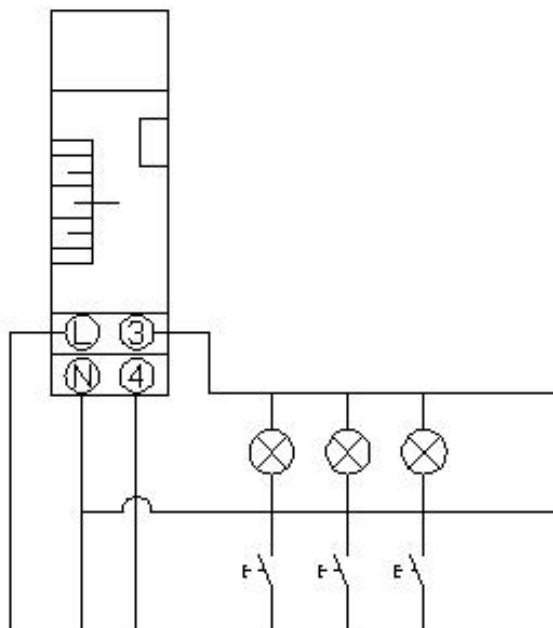
#### Automàtic d'escala amb instal·lació a tres fils

Els tres fils són: el conductor que es connecta a les làmpades, el conductor que es connecta amb els polsadors i el conductor neutre. Aquests tres conductors han d'aparèixer a cada caixa de connexions.

L'esquema d'un automàtic d'escala a tres fils és representat en la figura 2.6.

És convenient llegir bé les instruccions de l'automàtic d'escala per saber si cal moure algun interruptor per a la connexió a tres fils.

**FIGURA 2.6.** Connexió d'un automàtic d'escala a tres fils



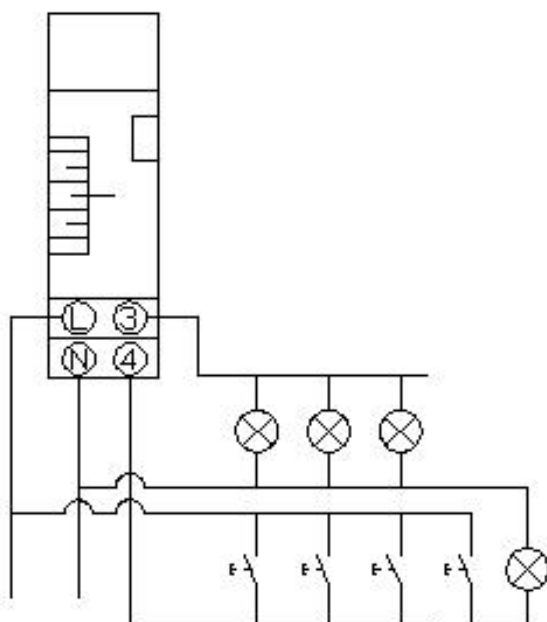
En aquests tipus de connexió no disposem en cap moment de la fase a cap caixa de connexions dels serveis generals. Això pot ser un inconvenient si volem instal·lar qualsevol element de control en l'escala.

### Automàtic d'escala amb instal·lació a quatre fils

Aquesta manera de connectar l'automàtic d'escala permet tenir sempre una fase i un neutre a cada una de les caixes de connexions. Això permet disposar d'una fase i d'un neutre per poder connectar algun element de control o de regulació.

L'esquema d'un automàtic d'escala a tres fils es representa en la figura 2.7.

FIGURA 2.7. Connexió d'un automàtic d'escala a quatre fils

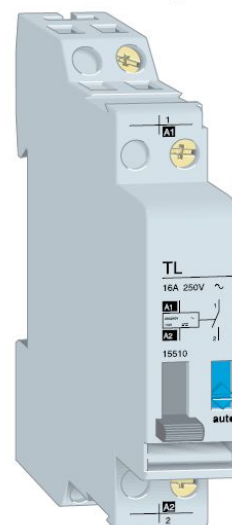


### 2.6.2 Relé teleruptor

El **relé teleruptor** és un mecanisme electromecànic de maniobra comandat a distància, que canvia l'estat dels seus contactes interns cada vegada que rep un impuls a la bobina.

Depenent de l'aplicació que es vol maniobrar s'ha d'escollir un tipus de teleruptor o un altre.

El relé teleruptor té moltes aplicacions en el món industrial i terciari. És un dispositiu molt utilitzat per al control d'enllumenat centralitzat en un quadre elèctric.



Relé teleruptor de la marca Shneider.

El comandament dels relés teleruptors es duu a terme mitjançant pulsadors o aparells que poden generar un impuls (rellotge horari digital).

La característica elèctrica més important del relé teleruptor és el corrent nominal dels seus contactes.

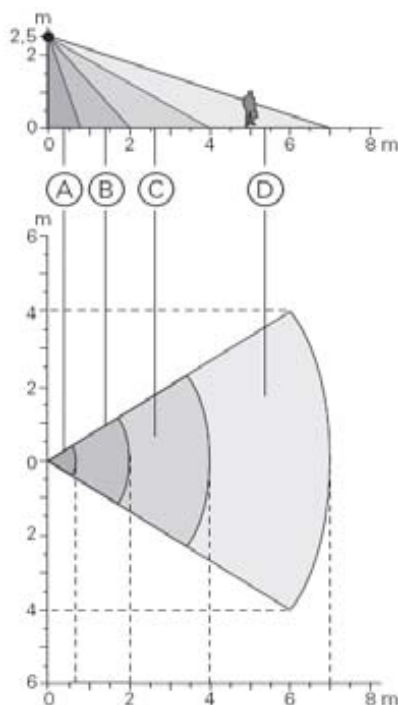
### 2.6.3 Detector de moviment i presència

Els detectors de moviment i presència es fan servir per connectar la il·luminació d'una zona determinada quan només hi ha persones treballant en aquesta zona. Per a zones d'activitat diferenciada farem servir els detectors de presència. Per a les zones d'ús esporàdic o zones de pas, el millor és fer servir detectors de moviment. Els detectors de moviment electrònic per a exterior o interior tenen angles de vigilància de 70°, 110°, 220°, 300° i 360° (vegeu la figura 2.8), per instal·lar en façanes, passadissos, escales i zones d'accés.



Detector de moviment a 300°.

**FIGURA 2.8.** Diagrama de camp d'acció del detector de moviment de 70° de Schneider Electric



### 2.6.4 Interruptor crepuscular

L'interruptor crepuscular és un mecanisme automàtic que acciona un contacte intern en funció de la lluminositat rebuda.

El seu funcionament es basa en una resistència variable per la llum (LDR) associada a un comparador. Aquest compara contínuament el senyal rebut de la

LDR i el valor prefixat per l'usuari. Un relé de sortida tanca o bé obre el seu contacte en funció de l'entrada de llum a la LDR. L'estanquitat d'aquests elements és molt important, ja que normalment s'instal·len a l'exterior.

### 2.6.5 Rellotge horari

Un **rellotge horari** és un rellotge que té un contacte elèctric o diversos contactes, que actuen quan el rellotge arriba a l'hora programada.

Hi ha dos tipus de rellotges:

- Rellotges analògics
- Rellotges digitals

El rellotge analògic és format per un motor síncron que gira una volta per cada 24 hores. Unes pestanyes al voltant del rellotge fan accionar un petit final de cursa que és l'encarregat de donar el senyal de posada en funcionament. La programació s'aconsegueix aixecant les pestanyes de les hores que volem que funcioni el contacte.

El rellotge digital és format per un circuit integrat amb un rellotge. Es pot programar amb l'ajuda d'una interfície amb botons a la part frontal. També disposen d'una pantalla de cristall líquid que indica l'estat del programador i la programació introduïda. Cada fabricant i model tenen opcions que poden ser útils per a unes aplicacions concretes.



Interruptor crepuscular.



### 3. Disseny d'instal·lacions elèctriques d'interior en locals, oficines i indústries

En les instal·lacions elèctriques, el disseny és una part molt important i encara més rellevant en les instal·lacions que serveixen per donar un servei a llocs on es realitza una activitat econòmica. Un bon disseny de la instal·lació pot representar una millora en el confort de les persones que treballen cada dia en un local, oficina o indústria. També representa un gran estalvi econòmic per a les empreses que han apostat per un disseny basat en l'eficiència energètica elèctrica.

#### 3.1 Dades inicials i especificació del client

En primer lloc s'ha de conèixer la necessitat de realitzar un projecte o de fer una memòria tècnica de disseny, en el cas que aquesta darrera sigui possible. S'ha d'escoltar el client i anotar les especificacions que ens indica. La recollida de dades ens permetrà dissenyar la ubicació dels elements i la quantitat de lluminàries necessàries per assolir el nivell d'il·luminació que cal per a l'activitat que es duu a terme. L'estudi de cada zona determina el tipus d'enllumenat, el sistema d'instal·lació i el nombre de preses de corrent que es necessiten. L'objecte de la instal·lació és una dada important per després poder incloure aquesta informació a la memòria tècnica de disseny.

#### 3.2 Dades del client

És important recollir la informació referida al client i a la instal·lació. Aquestes dades són necessàries per poder tramitar posteriorment la posada en servei de la instal·lació. També cal demanar una fotocòpia del DNI al titular de la instal·lació, per poder presentar la documentació necessària per donar-la d'alta.

A la taula 3.1 es mostra una fitxa de recollida de dades per a l'elaboració de la memòria tècnica.

TAULA 3.1. Fitxa de recollida de dades per a l'elaboració de la memòria tècnica

Dades per a la memòria tècnica	
<b>Dades del titular</b>	
Titular:	
NIF:	
Adreça:	
Població:	.....

**TAULA 3.1** (continuació)**Dades per a la memòria tècnica**

Província:

CP:

Telèfon:

**Representat i adreça per a notificacions**

Representant:

Adreça:

Població:

Província:

CP:

Telèfon:

DNI:

DATA:

**Emplaçament de la instal·lació**

Adreça:

Població:

Terme municipal:

CP:

Província:

**Característiques de la instal·lació**

Ús a què es destina:

Superfície: --- m<sup>2</sup>

INSTAL·LACIÓ	NOVA	AMPLIACIÓ	REFORMA	Canvi de nom
--------------	------	-----------	---------	--------------

**Empresa instal·ladora**

Nom:

Núm. registre:

Adreça:

Població:

Telèfon:

NIF:

Categoria (Poseu una "x" en el lloc on correspongui):

Bàsica

Especialista

**Instal·lador**

Nom:

Núm. carnet:

DNI:

**Manteniment (conservador inicial) (Només quan calgui)**

Nom:

Núm. registre:

. . . . .



TAULA 3.1 (continuació)

Dades per a la memòria tècnica
Entitat d'inspecció i control (Poseu una "x" en el lloc on correspongui)
ICICT, SA
ECA, SA

### 3.3 Planejament de la instal·lació

Un cop recollida tota la informació del client, es comença a planejar la ubicació dels quadres generals i secundaris. També s'han d'identificar els volums tenint en compte les condicions externes de cada zona.

Els sistemes d'instal·lació en cada zona determinen el tipus de material que s'ha d'utilitzar, per exemple, s'empraran materials diferents segons si la instal·lació és sobre safata o si és amb tub rígid corbale en calent sobre paret.

La trajectòria de les canalitzacions elèctriques pot interferir en les trajectòries d'altres instal·lacions no elèctriques. Les separacions mínimes entre canalitzacions paral·leles i encreuaments s'han de fer complir.

Un estudi luminotècnic determinarà el nombre de punts de llum necessaris depenent de l'activitat que es duu a terme en cada zona. Els sistemes automatitzats han d'estar presents en els planejaments per aconseguir una eficiència energètica i un confort més grans. El planejament sempre s'ha de fer complint les normatives particulars de la companyia elèctrica i la reglamentació vigent.

Dintre del segon apartat del Codi tècnic de l'edificació (CTE), el document bàsic DB-HE detalla els objectes i les aplicacions relacionades amb l'estalvi energètic.

En la instrucció tècnica complementària vint (ITC BT 20) es determinen els tipus d'instal·lacions permesos i els que no ho estan, segons la canalització que s'hagi d'utilitzar.

### 3.4 Previsió de càrregues

La informació que s'obté a partir de l'estudi luminotècnic pot determinar la potència elèctrica necessària per a cada circuit d'enllumenat. També cal preveure la potència dels altres circuits que no són d'enllumenat.

En els circuits d'endolls s'ha de preveure la potència tenint en compte el coeficient de simultaneïtat i el coeficient d'utilització.

El **coeficient de simultaneïtat** és la relació que hi ha entre els punts d'utilització que poden funcionar simultàniament i el total d'aquests punts.

El **coeficient d'utilització** és el coeficient que hi ha entre la quantitat de corrent que absorbeix la càrrega elèctrica prevista en cada punt d'utilització i la quantitat màxima que pot suportar el punt de connexió.

En els circuits d'alimentació de màquines, la potència prevista és la que té assignada la mateixa màquina a la placa de característiques.

Al final es confecciona una llista de circuits i la potència prevista per a cada un. La suma de totes les potències serà la prevista per a tota la instal·lació, amb un coeficient de simultaneïtat del 100%, ja que en una indústria, un comerç o unes oficines tots els circuits poden funcionar alhora.

### 3.5 Càlculs de les línies elèctriques

El càlcul de cada línia s'efectua de manera diferent depenent de la classe d'instal·lació, del tipus de canalització, del nombre de circuits que comparteixen la mateixa canalització i del tipus d'aïllant del conductor. En cada línia o circuit s'ha de calcular:

- La intensitat de disseny del circuit.
- La secció mínima del conductor per caiguda màxima de tensió.
- La intensitat màxima admissible del conductor.
- La caiguda de tensió del circuit.

#### 3.5.1 Càlcul de la intensitat de disseny de cada circuit

La intensitat de disseny és la intensitat que es preveu que passarà per cada circuit i amb la qual es fan els càlculs. Cada circuit alimenta un tipus de receptor determinat. La potència prevista s'obté de l'equació:

$$I_d = \frac{P \cdot k}{C_1 \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

on:

- $C_1$ :  $\sqrt{3}$  per a un sistema trifàsic, 1 per a un sistema monofàsic
- $U_L$ : tensió de línia (400 V en sistemes trifàsics i 230 V en sistemes monofàsics)
- $\cos \varphi$ : factor de potència
- $P$ : potència prevista per a cada circuit
- $k$ : factor de correcció segons el tipus de receptor (vegeu la taula 3.2)
- $I_d$ : intensitat de disseny

En la intensitat de disseny és tenen en compte factors com les intensitats d'engada i els harmònics. En la taula 3.2 es recullen aquests factors ( $k$ ).

**TAULA 3.2.** Factor (k) per aplicar al càlcul de la intensitat de disseny segons el tipus de receptor

Tipus de receptor	Factor de correcció (k)
Làmpades incandescentes	1
Làmpades de descàrrega	1,8
Motors	1,25
Motors elevadors	1,3
Condensadors	1,8

### 3.5.2 Secció mínima del conductor per caiguda màxima de tensió

La secció del conductor de fase de cada circuit es pot calcular per caiguda màxima de tensió mitjançant l'equació:

$$s = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k}{\gamma \cdot e \cdot U_L}$$

on:

- $C_2$ : 2 per a sistemes monofàsics, 1 per a sistemes trifàsics
- $P$ : potència prevista per a cada circuit (W)
- $k$ : factor de correcció segons el tipus de receptor
- $L$ : longitud del circuit (m)
- $\gamma$ : conductivitat elèctrica (en  $m/\Omega \times mm^2$ ) (vegeu la taula 3.3)
- $e$ : caiguda de tensió màxima permesa (V) (vegeu la taula 3.4)
- $U_L$ : tensió de línia (400 V en sistemes trifàsics i 230 V en sistemes monofàsics).
- $s$ : secció del conductor ( $mm^2$ ).

**TAULA 3.3.** Conductivitats,  $\gamma$ , (en  $m/\Omega \times mm^2$ ) per al coure i l'alumini a temperatures diferents

Material	$\gamma_{20^\circ}$	$\gamma_{70^\circ}$	$\gamma_{90^\circ}$
Coure	56	48	44
Alumini	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

**TAULA 3.4.** Límits de caigudes de tensió reglamentaris (e)

Part de la instal·lació per alimentar	Caiguda de tensió en % de la tensió de subministrament	$e=\Delta U_{III}$	$e=\Delta U_I$
<b>LGA (línia general d'alimentació)</b>			
Subministrament d'un únic usuari	No hi ha LGA	-	-
. . . . .			

**TAULA 3.4** (continuació)

Comptadors totalment concentrats	0,5%	2 V	-
Centralitzacions parcials de comptadors	1,0%	4 V	-
<b>DI (derivació individual)</b>			
Subministrament d'un únic usuari	1,5%	6 V	3,45 V
Comptadors totalment concentrats	1,0%	4 V	2,3 V
Centralitzacions parcials de comptadors	0,5%	2 V	1,15 V
<b>Circuits interiors</b>			
Circuits interiors d'habitatges	3%	12 V	6,9 V
Circuits d'enllumenats que no siguin habitatges	3%	12 V	6,9 V
Circuits de força que no siguin habitatges	5%	20 V	11,5 V
<b>Circuits interiors d'indústries alimentats amb CT propi</b>			
Circuits d'enllumenats	4,5%	18 V	10,35 V
Circuits de força	6,5%	26 V	14,95 V

### 3.5.3 Intensitat màxima admissible del conductor

La **intensitat màxima admissible** d'un conductor és la intensitat màxima que aguanta de manera permanent sense afectar les característiques de l'aïllant.

La intensitat màxima admissible es calcula per taules. Segons el tipus d'instal·lació, s'ha d'escollir la taula corresponent. Quan els conductors de la instal·lació interior estan soterrats s'ha de consultar l'apartat 3 de la ITC-BT-07.

Per a conductors en altres sistemes d'instal·lació, cal consultar l'apartat 2.2.3 de la ITC-BT-19, com en el cas d'una línia que comunica dues zones exteriors d'una indústria. Les intensitats màximes admissibles de les taules que es consulten tenen unes condicions externes determinades. Per ajustar més bé el valor de la intensitat màxima admissible s'han d'aplicar uns factors de correcció que acompanyen la taula de les intensitats màximes admissibles consultades.

#### **Intensitat màxima admissible del conductor en línies soterrades**

Els conductors soterrats s'han de consultar en la taula 5 de la ITC-BT-07.

Les intensitats màximes admissibles es regeixen pel que indiquen la norma UNE 20.460-5-523 i l'annex addicional.

Els factors de correcció que s'han d'aplicar per a una temperatura del terreny diferent de 25 °C es mostren en la taula 3.5.

**TAULA 3.5.** Factors de correcció segons la temperatura del terreny, per a les intensitats màximes admissibles dels conductors en canalitzacions soterrades

Temp. de servei, $\vartheta_s$ (°C)	Temperatura del terreny, $\vartheta_t$ (°C)								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
EPR i XLPE	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
PVC i PE	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,66

En la taula 3.6 es poden consultar els valors dels factors de correcció per al corrent màxim admissible segons la resistivitat tèrmica del terreny.

La **resistivitat tèrmica** és la capacitat que té un material d'oferir resistència al pas de l'energia calorífica en una unitat de temps i en un metre quadrat i d'espessor la unitat quan entre les dues cares paral·leles del material apareix un grau centígrad de diferència.

**TAULA 3.6.** Factor de correcció segons la resistivitat tèrmica del terreny, per a les intensitats màximes admissibles dels conductors soterrats

Resistivitat tèrmica del terreny (°C·cm/W)		80	100	120	150	200	250
		Factor de correcció	Unipolars	1,09	1	0,93	0,85
Factor de correcció	Tripolars	1,07	1	0,94	0,87	0,78	0,71

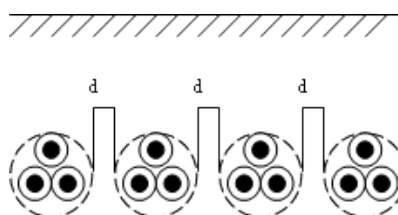
Un altre factor de correcció és per la proximitat d'altres conductors pels quals circula un corrent. Aquests conductors desprenen una quantitat de calor que pot afectar la temperatura dels altres conductors que hi ha soterrats al seu costat. En la taula 3.7 es mostren els valors de factors de correcció que cal aplicar sobre la intensitat màxima admissible (a la figura 3.1 es pot esbrinar el significat de la separació  $d$ ).

**TAULA 3.7.** Factor de correcció per a agrupacions de cables trifàsics o ternes de cables unipolars

Separació entre cables o ternes	Nombre de cables o ternes de la rasa							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$d = 0$	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
$d = 0,07$ m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
$d = 0,10$ m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53

**TAULA 3.7** (continuació)

d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

**FIGURA 3.1.** Separació entre cables o ternes soterrats

Un altre factor de correcció és la profunditat del conductor en instal·lació soterrada. Els conductors poden anar soterrats directament en el terreny o dintre d'un tub. En cas d'anar dintre d'un tub s'ha d'aplicar un factor de correcció addicional de 0,8. En la taula 3.8 es pot consultar el factor de correcció per a diferents profunditats.

**TAULA 3.8.** Factor de correcció per a diferents profunditats d'instal·lació

Prof. d'ins- tal·lació (cm)	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
Factors de cor- recció	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91

En l'apartat d'annexos d'aquesta unitat es mostren les taules de corrent màxim admissible i la taula del mètode d'instal·lació.

### Intensitat màxima admissible del conductor en línies no soterrades

En la taula de l'annex d'aquesta unitat podem trobar els tipus d'instal·lacions de conductors no soterrats segons la norma UNE 20.460-5-523:2004.

Primerament cal escollir la taula que s'ha de consultar segons el tipus d'instal·lació i després cal comprovar que la secció calculada és inferior a la de la taula. Depenent del mètode d'instal·lació i del tipus de cable s'escollirà el corrent màxim admissible, que sempre serà superior al valor del corrent de disseny.

### 3.6 Dimensionament de les proteccions de la línia

Cada **circuit** a l'origen ha d'estar protegit per un dispositiu de tall omnipolar que protegeixi la línia contra sobreintensitats.

S'ha de comprovar sempre que la secció escollida tingui un corrent màxim admissible superior al corrent de disseny calculat, però també que entre els dos valors de corrent entri el valor de corrent nominal de la protecció de la línia.

$$I_d \leq I_n \leq I_{max}$$

En el cas que entre els dos valors d'intensitat no entri una intensitat nominal de la protecció, s'ha d'escollir una secció del conductor superior. Això fa que el corrent màxim admissible sigui superior i podrem escollir una protecció amb intensitat nominal entre els valors d'intensitat de disseny i la intensitat màxima admissible.

### 3.7 Caiguda de tensió de la línia

La **caiguda de tensió de la línia** és la diferència de potencial que hi ha entre l'origen de la instal·lació i el final de cada circuit.

Aquesta caiguda de tensió no pot superar els valors de la taula 3.4, segons el cas.

El resultat de càlcul de la caiguda de tensió interessa que sigui donat en tant per cent, per poder-ho comparar amb els valors màxims de la taula 3.4.

$$e = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k \cdot 100}{\gamma \cdot s \cdot U_L^2}$$

on:

- $C_2$ : 2 per a sistemes monofàsics, 1 per a sistemes trifàsics.
- $P$ : potència prevista per a cada circuit (W).
- $k$ : factor de correcció segons el tipus de receptor (vegeu la taula 3.2).
- $L$ : longitud del circuit (m).
- $\gamma$ : conductivitat elèctrica (en  $m/\Omega \times mm^2$ ) (vegeu la taula 3.3).
- $e$ : caiguda de tensió màxima permesa (en tant per cent) (vegeu la taula 3.4).
- $U_L$ : tensió de línia (400 V en sistemes trifàsics i 230 V en sistemes monofàsics).
- $s$ : secció del conductor ( $mm^2$ ).

En circuits que alimenten quadres secundaris, s'ha de preveure una caiguda de tensió tal que sumada a la caiguda de tensió de cada un dels circuits no superi el valor de la taula 3.4.

Una bona pràctica és imposar un valor màxim de caiguda de tensió de l'1% per a les línies que alimenten els quadres secundaris i rebaixar el valor màxim de la taula 3.4 una unitat per a cada cas.

### 3.8 Exemple de disseny d'una indústria del sector metal·lúrgic

Per poder entendre més bé la confecció d'una memòria tècnica de disseny, presentem un exemple de càlcul d'una indústria del sector metal·lúrgic. Els plànols de la nau industrial es mostren en la figura 3.2, figura 3.3 i figura 3.4.

FIGURA 3.2. Secció d'una nau industrial

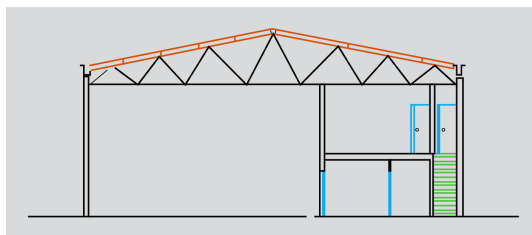


FIGURA 3.3. Plànol en planta d'una nau industrial

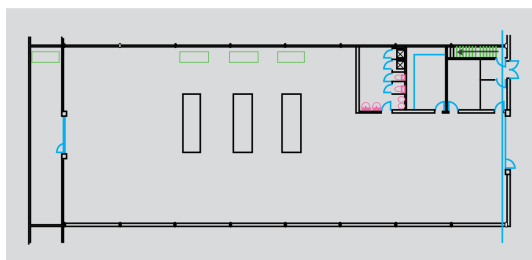
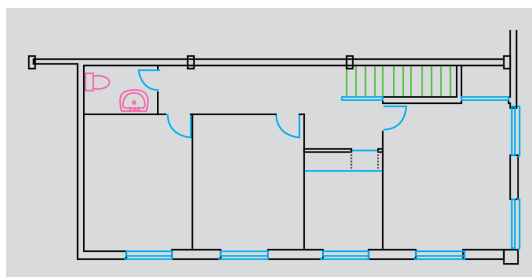


FIGURA 3.4. Plànol de la primera planta d'oficines





### 3.8.1 Planejament de la instal·lació

A la planta baixa entra la línia de la connexió de servei pel costat de la porta principal amb una canalització soterrada a una profunditat de 70 cm. La connexió de servei està feta a una caixa de seccionament (CS). D'aquesta caixa de seccionament surt l'alimentació de la caixa general de protecció (CGP), la caixa general de protecció dintre d'un nínxol amb porta metàl·lica.

La derivació individual (DI) va des del quadre de mesura TMF10, situat a la façana exterior dintre d'un nínxol amb tapa metàl·lica, fins al quadre general de comandament i protecció, ubicat al despatx 1. Del quadre general de comandament i protecció surt una línia que alimenta el quadre secundari de la planta primera i una altra línia que dona subministrament al quadre secundari de taller. Aquestes línies van dintre d'un tub rígid corbable en calent amb muntatge en superfície i són cables multiconductors de baixa opacitat de fums i no propagadors de la flama d'aïllament de polietilè reticulat (XLPE).

Els conductors que discorren pel taller van sobre safata perforada i surten de la safata dintre d'un tub rígid corbable en calent fins al receptor. Aquests conductors són cables multiconductors de baixa opacitat de fums i no propagadors de la flama d'aïllament de polietilè reticulat (XLPE).

Els conductors que van pel vestuari, pel magatzem i per les escales són dintre d'un tub rígid corbable en calent amb muntatge en superfície.

Els conductors del despatx 1 i de recepció discorren per sobre el fals sostre dintre d'un tub flexible corrugat de doble capa.

Les línies de la planta primera van totes pel fals sostre dintre d'un tub flexible corrugat de doble capa.

Tots els altres conductors són d'aïllament de poliolefina ignifugada, lliure d'halògens i amb baixa emissió de fums i gasos corrosius en cas d'incendi.

L'enllumenat del taller es fa amb làmpades de sodi d'alta pressió de 400 W.

L'enllumenat del vestuari i del magatzem de la planta baixa, com també l'enllumenat de l'escala i de la planta de dalt el lavabo, són lluminàries estanques de superfície amb un fluorescent de 32 W cadascuna. L'enllumenat dels despatxos són làmpades fluorescents de quatre tubs de 16 W encastades en fals sostre.



Lluminària per a làmpada de vapor de sodi d'alta pressió.



Làmpada fluorescent estanca.

### 3.8.2 Previsió de càrregues

S'ha realitzat una taula de previsió de càrregues de la nau industrial que podeu consultar en l'annex d'aquesta activitat.

Tingueu a la vista les taules de previsió de càrrega per poder seguir l'exercici.

Les potències de cada un dels receptors d'enllumenat s'expressen en la taula de la secció Annexos d'aquesta unitat.

### 3.8.3 Càlcul de les línies elèctriques

A manera d'exemples, es calculen dos línies:

- Càlcul de la línia que alimenta el quadre de taller (L 1).
- Càlcul de la línia d'enllumenat de taller (L 1.1)

#### Càlcul de la intensitat de disseny de la línia 1

La línia 1 és la que alimenta el quadre secundari de taller amb una potència prevista de 39.790 W. La longitud de la línia es de 20 m. En primer lloc, calculem la intensitat de disseny. Per fer-ho, sumem les potències de totes les línies que surten del quadre secundari i apliquem els coeficients per a cada tipus de càrrega. Els coeficients que es fan servir són 1,8 per a l'enllumenat de descàrrega i 1,25 per als motors. Aquest darrer només s'aplica a un motor i és el de més potència. En aquest cas n'hi ha dos de més potència, però només s'aplica a un.

$$I_d = \frac{P \cdot k}{C_1 \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

$$I_d = \frac{8.400 \text{ W} \cdot 1,8 + 6.000 \text{ W} \cdot 1,25 + 6.000 \text{ W} + 4.000 \text{ W} + 3.416 \text{ W} + 10.974,8 \text{ W} + 1.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85}$$

$$I_d = \frac{48.010,8 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 81,52 \text{ A}$$

La intensitat de la línia que alimenta el quadre secundari de taller és de 81,52 A.

#### Secció mínima del conductor per caiguda màxima de tensió de la línia 1

S'ha de calcular quina secció és capaç de transportar aquest corrent elèctric sense experimentar una caiguda de tensió superior a la permesa. La caiguda de tensió màxima és de l'1%. Aquesta caiguda de tensió ha estat escollida per poder compensar-ho amb les altres línies i assegurar després la caiguda de tensió total del 3% per a l'enllumenat i el 5% per a altres usos.

La conductivitat del coure a 90 °C és la màxima que aguanta el conductor que s'instal·larà: RZ1-K (AS) d'aïllament de polietilè reticulat (XLPE).::note: En els sectors industrial i terciari es recomana efectuar els càlculs de la secció amb la conductivitat a la temperatura màxima que suporta l'aïllament. :::

$$s = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k}{\gamma \cdot e \cdot U_L}$$

$$s = \frac{1 \cdot 48.010,8 \text{ W} \cdot 20 \text{ m} \cdot 1}{44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 4 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 13,6 \text{ mm}^2$$

La secció normalitzada superior a la calculada és 16 mm<sup>2</sup>.

## Intensitat màxima admissible del conductor de la línia 1

S'ha de comprovar si la secció calculada també compleix el criteri d'intensitat màxima admissible. Segons el sistema d'instal·lació, hem de consultar la taula que correspongui. En el cas de l'exercici, aquesta línia és transportada dintre d'un tub rígid corbable en calent muntat en superfície (mètode d'instal·lació B2). S'ha de consultar la taula A.52-1bis de la norma UNE 20.460-5-523:2004. En la taula 3.9 i taula 3.10 tenim un fragment de la taula A.52-1bis de la norma, que indica els valors que cal consultar.

**TAULA 3.9.** Fragment de la taula de corrent màxim admissible de la taula A.52-1bis de la norma UNE 20.460-5-523:2004

Mètode d'instal·lació	Nombre de pols i tipus d'aïllament										
A1		3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE				
A2	3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE					
B1					3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE	
B2			3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE			
C						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
E							3x PVC		2x PVC	3x XLPE	
F								3x PVC		2x PVC	3x XLPE

**TAULA 3.10.** Fragment de la taula de corrent màxim admissible de la taula A.52-1bis de la norma UNE 20.460-5-523:2004

Secció mm <sup>2</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116
35	–	77	86	96	104	110	119	127	137	144
50	–	94	103	117	125	133	145	155	167	175

Escollim de primer el mètode B2 en la taula i ens movem cap a la dreta fins a topiar amb el nombre de pols i el tipus d'aïllament. Els conductors lliures d'halògens del tipus Z1 es consideren d'aïllament polietilè reticulat (XLPE). Baixem per 3xXLPE (columna 7) fins que ens trobem amb un valor de corrent superior al de disseny (88 A) i, després, en la mateixa fila, seguim cap a l'esquerra fins a trobar la secció de 25 mm<sup>2</sup>. Veiem que compleix els dos requisits:

- La secció calculada és inferior a la de la taula de corrent màxim admissible.
- El corrent de disseny calculat és inferior al màxim admissible de la taula.

### Dimensionament de les proteccions de la línia 1

Cal comprovar si hi ha algun interruptor magnetotèrmic amb intensitat nominal entre 81,5 A i 88 A.

$$I_d \leq I_n \leq I_{max}$$

$$81,5 \text{ A} \leq I_n \leq 88 \text{ A}$$

No hi ha cap interruptor magnetotèrmic entre aquests dos valors. Per poder escollir una protecció s'ha d'augmentar la secció del conductor de 25 mm<sup>2</sup> a 35 mm<sup>2</sup>, que té un corrent màxim admissible de 110 A. D'aquesta manera es pot triar un interruptor magnetotèrmic tetrapolar de corba C i 100 A d'intensitat nominal.

$$81,5 \text{ A} \leq I_n = 100 \text{ A} \leq 110 \text{ A}$$

### Caiguda de tensió de la línia 1

Calculem la caiguda de tensió a partir de l'expressió següent:

$$e(\%) = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k \cdot 100}{\gamma \cdot s \cdot U_L^2}$$

$$e(\%) = \frac{1 \cdot 40.010,8 \text{ W} \cdot 20 \text{ m} \cdot 1 \cdot 100}{44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 35 \text{ mm}^2 \cdot (400 \text{ V})^2} = 0,23\%$$

La caiguda de tensió és molt inferior a l'1% que es marca com a límit per a les línies que alimenten els quadres secundaris.

### Càlcul de la intensitat de disseny de la línia 1.1

Aquesta línia és la d'enllumenat de la planta baixa. L'enllumenat està repartit entre les tres fases i la línia està protegida amb un interruptor magnetotèrmic tetrapolar de tall omnipolar. Surt del quadre del taller i per safata metàl·lica perforada, després passa per dintre d'un tub amb muntatge en superfície fins al baixant del receptor d'enllumenat que està en suspensió de l'estructura metàl·lica de la nau. La línia mesura 38 m. Es compta des del quadre secundari de taller fins al punt de llum més lluny possible d'aquest. En primer lloc calculem la intensitat de disseny sumant totes les potències de l'enllumenat de la nau.

$$I_d = \frac{P \cdot k}{C_1 \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

$$I_d = \frac{8.400 \text{ W} \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 24,2 \text{ A}$$

---

Es tria un factor de potència de 0,9 per a l'enllumenat de descàrrega, ja que és el valor mínim que deixa el reglament per a aquest tipus de receptors.

---

### Secció mínima del conductor per caiguda màxima de tensió de la línia 1.1

S'ha de calcular quina secció pot transportar aquest corrent elèctric sense experimentar una caiguda de tensió superior a la permesa. La caiguda de tensió màxima serà del 2%, ja que la línia 1 que alimenta el quadre secundari d'on parteix aquesta mateixa línia té un límit de l'1%.

$$s = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k}{\gamma \cdot e \cdot U_L}$$

$$s = \frac{1 \cdot 8.400 \text{ W} \cdot 38 \text{ m} \cdot 1,8}{44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 8 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 4,08 \text{ mm}^2$$

La secció normalitzada per sobre del valor calculat és 6 mm<sup>2</sup>.

### Intensitat màxima admissible del conductor de la línia 1.1

S'ha de comprovar si la secció calculada també compleix el criteri d'intensitat màxima admissible.

Segons el sistema d'instal·lació, hem de consultar la taula que correspongui. En el cas de l'exercici, aquesta línia és transportada sobre safata perforada. Si consultem la taula 8, el mètode d'instal·lació és l'E, ja que la secció calculada no supera els 25 mm<sup>2</sup>.

En primer lloc escollim el mètode E en la taula 9 i ens movem cap a la dreta fins a trobar el nombre de pols i el tipus d'aïllament. Els conductors del tipus Z1(AS) es consideren d'aïllament polietilè reticulat (XLPE). Baixem per 3xXPLE (columna 10) fins que trobem un valor de corrent superior al de disseny (46 A) i també que coincideixi amb la fila de 6 mm<sup>2</sup>.

Veiem que compleix els dos requisits:

- La secció calculada és inferior a la de la taula de corrent màxim admissible.
- El corrent de disseny calculat és inferior al màxim admissible de la taula.

Per al valor de corrent màxim admissible hem d'aplicar un factor de correcció, ja que les safates transporten més d'un circuit i estan en contacte mutu. Per aplicar el factor de correcció corresponent hem de consultar la taula 3.4 de la ITC-BT-06. Aquest factor gairebé sempre serà 0,75.

$$I_d = 46 \text{ A} \cdot 0,75 = 34,5 \text{ A}$$

Realment, aquests conductors en safata perforada només permetran el pas de corrent de 34,5 A.

### Dimensionament de les proteccions de la línia 1.1

S'ha de comprovar si hi ha cap interruptor magnetotèrmic que tingui una intensitat nominal entre 24,2 A i 34,5 A.

$$I_d \leq I_n \leq I_{max}$$

$$24,2 \text{ A} \leq I_n \leq 34,5 \text{ A}$$

Entre aquests dos valors d'intensitats podem instal·lar un interruptor magnetotèrmic de corba C, de 32 A, tretapolar i de tall omnipolar.

### Caiguda de tensió de la línia 1.1

Calculem la caiguda de tensió a partir de l'expressió següent:

$$e(\%) = \frac{C_2 \cdot P \cdot L \cdot k \cdot 100}{\gamma \cdot s \cdot U_L^2}$$

$$e(\%) = \frac{1 \cdot 8400 \text{ W} \cdot 38 \text{ m} \cdot 1,8 \cdot 100}{44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot (400 \text{ V})^2} = 0,23\%$$

## 3.9 Verificació de les instal·lacions elèctriques

A continuació es resumeixen els tipus de verificacions que han d'efectuar els instal·ladors autoritzats.

La verificació de les instal·lacions elèctriques, abans de la posada en servei d'aquestes, comprèn dues fases: la primera, anomenada *verificació per examen*, no requereix cap mesurament; la segona sí que requereix la utilització d'equips de mesurament per als assajos.

L'abast d'aquesta verificació es detalla en la ITC-BT-19 i en la norma UNE 20460, part 6-61, i comprèn tant la verificació per examen com la verificació mitjançant mesuraments elèctrics. Addicionalment, la ITC-BT-18 estableix les verificacions que s'han de dur a terme en les posades a terra.

### 3.9.1 Verificació per examen

Ha de precedir els assajos i els mesuraments, i normalment s'ha de fer per al conjunt de la instal·lació quan aquesta no té tensió. Està destinada a comprovar:

- Si el material elèctric instal·lat permanentment és conforme amb les prescripcions establertes en el projecte o la memòria tècnica de disseny.
- Si el material ha estat escollit i instal·lat correctament d'acord amb les prescripcions del reglament i del fabricant del material.
- Que el material no presenta cap dany visible que pugui afectar la seguretat.

En concret, aquest tipus de verificació ha de tenir en compte els aspectes qualitatius següents:

- L'existència de mesures de protecció contra els xocs elèctrics per contacte de parts sota tensió o contactes directes, com ara: l'aïllament de les parts actives, l'ús d'envoltants, barreres, obstacles o allunyament de les parts en tensió.
- L'existència de mesures de protecció contra xocs elèctrics derivats de la fallada d'aïllament de les parts actives de la instal·lació, és a dir, contactes indirectes. Aquestes mesures poden consistir en l'ús de dispositius de tall automàtic de l'alimentació com ara interruptors de corrent màxim, fusibles o diferencials, la utilització d'equips i materials de classe II, la disposició de parets i sostres aïllants o alternativament de connexions equipotencials en locals que no utilitzin conductor de protecció, etc.
- L'existència i el calibratge dels dispositius de protecció i senyalització.
- La presència de barreres tallafocs i altres dispositius que impedeixin la propagació del foc, com també proteccions contra efectes tèrmics.
- La utilització de materials i mesures de protecció adequats a les influències externes.
- L'existència i la disponibilitat d'esquemes, advertiments i informacions similars.
- La identificació de circuits, fusibles, interruptors, borns, etc.
- L'execució correcta de les connexions dels conductors.
- L'accessibilitat pel que fa al funcionament i el manteniment.

### 3.9.2 Verificacions mitjançant mesuraments o assajos

Les verificacions descrites en la ITC-BT-19 i en la ITC-BT-18 són les següents:

- Mesurament de continuïtat dels conductors de protecció.
- Mesurament de la resistència de posada a terra.
- Mesurament de la resistència d'aïllament dels conductors.
- Mesurament de la resistència d'aïllament de sòls i parets, quan s'utilitzi aquest sistema de protecció.
- Mesurament de la rigidesa dielèctrica.

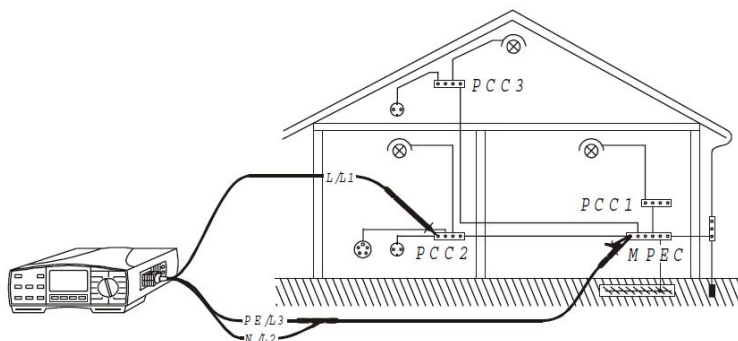
Adicionalment, cal considerar altres mesuraments i comprovacions que són necessaris per garantir que s'han adoptat convenientment els requisits de protecció contra xocs elèctrics:

- Mesurament dels corrents de fuga.
- Mesurament de la impedància de bucle.
- Comprovació de la intensitat de tret dels diferencials.
- Comprovació de la seqüència de fases.

### Mesurament de la continuïtat dels conductors de protecció i de les unions equipotencials principals i suplementàries

Aquest mesurament s'efectua mitjançant un ohmímetre que aplica una intensitat contínua de l'ordre de 200 mA amb canvi de polaritat, i equitat amb una font de tensió contínua capaç de generar de 4 a 24 volts de tensió contínua en buit. Els circuits provats han d'estar lliures de tensió. Si el mesurament s'efectua a dos fils, cal descomptar la resistència dels cables de connexió del valor de resistència mesurat. En la figura 3.5 s'il·lustra el mesurament del valor de la resistència òhmica del conductor de protecció que uneix dues bases d'endoll, mitjançant un comprovador de baixa tensió multifunció, vàlid per a altres tipus de comprovacions, tot i que un simple ohmímetre amb mesurament de resistència a dos fils seria suficient per a aquesta verificació.

FIGURA 3.5. Mesurament de la resistència d'un conductor de protecció



A partir de la lectura de l'ohmímetre i de la longitud dels conductors, es pot deduir la secció.

### Mesurament de la resistència de posada a terra

Les condicions de mesurament i la periodicitat d'aquest s'indiquen en la ITC-BT-18.

Per la importància que ofereix, des del punt de vista de la seguretat, qualsevol instal·lació de presa de terra ha de ser obligatòriament comprovada pel director de l'obra o per l'instal·lador autoritzat en el moment de donar d'alta la instal·lació per a la posada en marxa o en funcionament. Personal tècnicament competent ha d'efectuar la comprovació de la instal·lació de posada a terra, com a mínim un cop l'any, en l'època en què el terreny està més sec. Per a això, es mesurarà la resistència de terra i es repararan amb caràcter urgent els defectes que es trobin.

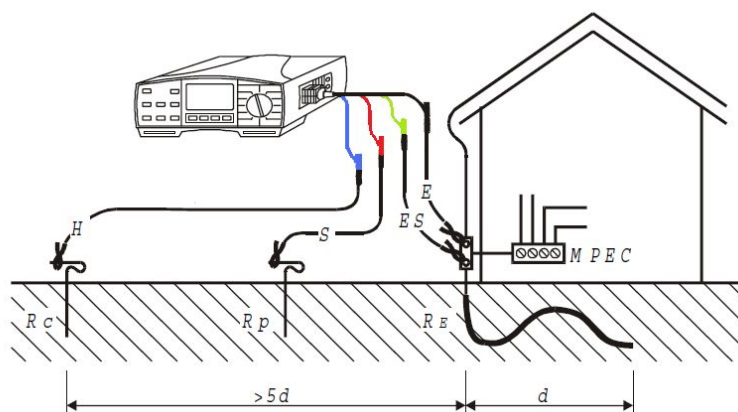


En els llocs en què el terreny no sigui favorable per a la bona conservació dels elèctrodes, aquests i els conductors d'enllaç entre ells fins al punt de posada a terra s'han de posar al descobert per examinar-los, almenys una vegada cada cinc anys.

Aquests mesuraments s'efectuen mitjançant un tel·luròmetre, que injecta una intensitat de corrent altern coneguda, a una freqüència superior als 50 Hz, i mesura la caiguda de tensió, de manera que el quocient entre la tensió mesurada i el corrent injectat ens dóna el valor de la resistència de posada a terra.

La connexió es fa a tres terminals, tal com s'indica en la figura 3.6, de manera que la intensitat s'injecta entre E i H, i la tensió es mesura entre S i ES. L'elèctrode de posada a terra està representat per RE, mentre que els altres dos elèctrodes clavats en el terreny són dues piques auxiliars d'uns 30 cm de longitud que se subministren amb el mateix tel·luròmetre. Els tres elèctrodes s'han de situar en línia recta. Durant el mesurament, l'elèctrode de posada a terra o resistència a terra (RE) que es vol mesurar ha d'estar desconnectat dels conductors de posada a terra. La distància entre la sonda (S) i l'elèctrode de posada a terra (E/ES), igual que la distància entre (S) i la pica auxiliar (H) ha de ser com a mínim de 20 m. Els cables no s'han d'encreuar entre si per evitar errors de mesurament per acoblaments capacitius. La mesura obtinguda es pot considerar correcta si, quan es desplaça la pica auxiliar (S) del lloc on està clavada un parell de metres cap a l'esquerra i la dreta en la línia recta que formen els tres elèctrodes, el valor de resistència mesurat no experimenta variació. En cas contrari, cal ampliar la distància entre els tres elèctrodes de mesura fins que es compleixi el que acabem d'explicar.

FIGURA 3.6. Mesurament de la resistència de terra



Mitjançant un tel·luròmetre que permet una connexió a quatre terminals, es pot mesurar també la resistivitat del terreny.

### Mesurament de la resistència d'aïllament de la instal·lació

Les instal·lacions han de presentar una resistència d'aïllament equivalent als valors indicats en la taula 3.11.

**TAULA 3.11.** Resistències d'aïllament

Tensió nominal de la instal·lació	Tensió d'assaig en cc (V)	Resistència d'aïllament (M)
Molt baixa tensió de seguretat (MBTS); molt baixa tensió de protecció (MBTP)	250	0,25
Inferior o igual a 500 V, excepte el cas anterior	500	0,5
Superior a 500 V	1.000	1,0

Aquest aïllament s'entén per a una instal·lació en què la longitud del conjunt de canalitzacions, i independentment del nombre de conductors que les componen, no excedeixi de 100 m. Quan aquesta longitud excedeixi aquest valor i pugui fraccionar la instal·lació en parts d'uns 100 m de longitud, tant per seccionament, per desconnexió, per retirada de fusibles com per obertura d'interruptors, cadascuna de les parts en què ha estat fraccionada la instal·lació ha presentat la resistència d'aïllament que correspon segons la taula anterior.

Quan no sigui possible efectuar el fraccionament esmentat en trams de 100 m, el valor de la resistència d'aïllament mínim admissible serà l'indicat en la taula 1 dividit per la longitud total de la canalització, expressada aquesta darrera en unitats d'hectòmetres.

Si les masses dels aparells receptors estan unides al conductor neutre (xarxes TN), aquestes connexions se suprimeixen durant el mesurament, i es restableixen un cop s'ha acabat.

Quan la instal·lació tingui circuits amb dispositius electrònics, en aquests circuits els conductors de fase i el neutre estaran units entre si durant els mesuraments.

L'aïllament es mesurarà de dues maneres diferents: en primer lloc, entre tots els conductors del circuit d'alimentació (fases i neutre) units entre si pel que fa a terra (aïllament en relació amb el terra) i, després, entre cada parell de conductors actius. El mesurament s'ha d'efectuar mitjançant un megaòhmmetre, que és un generador de corrent continu, capaç de subministrar les tensions d'assaig que especifica la taula anterior amb un corrent d'1 mA per a una càrrega igual a la mínima resistència d'aïllament especificada per a cada tensió.

Durant el primer mesurament, els conductors, incloent-hi el conductor neutre o compensador, han d'estar aïllats de terra, i també de la font d'alimentació d'energia a la qual estan units habitualment. És important recordar que aquests mesuraments s'efectuen per tant en circuits sense tensió, o més ben dit, desconectats de la font d'alimentació habitual, ja que, si no fos així, es podria avariar el comprovador de baixa tensió o megaòhmmetre. La tensió de prova és la tensió contínua generada pel mateix megaòhmmetre.

El mesurament d'aïllament amb relació a terra, s'efectuarà unint a aquesta el pol positiu del megaòhmmetre i deixant, en principi, tots els receptors connectats i els comandaments en posició d'"aturada", assegurant que no hi ha manca de continuïtat elèctrica a la part de la instal·lació que es verifica. Els dispositius d'interrupció intercalats en la part d'instal·lació que es verifica es posaran en

posició de “tancat” i els curtcircuits fusibles, instal·lats com en servei normal per tal de garantir la continuïtat elèctrica de l'aïllament. Tots els conductors es connectaran entre si, incloent-hi el conductor neutre o compensador, en l'origen de la instal·lació que es verifica ja que aquest punt es connectarà al pol negatiu del megòhmmetre.

Quan la resistència d'aïllament obtinguda sigui inferior al valor mínim que li correspon, s'admetrà que la instal·lació és correcta, si es compleixen les condicions següents:

- Cada aparell receptor presenta una resistència d'aïllament almenys igual al valor assenyalat per la norma particular del producte corresponent o, si no, 0,5 M.
- Amb els aparells receptors desconnectats, la resistència d'aïllament de la instal·lació és superior al que s'ha indicat anteriorment.

El segon mesurament que s'ha de dur a terme correspon a la resistència d'aïllament entre conductors polars, s'efectua després d'haver desconnectat tots els receptors, i els interruptors i els tallacircuits fusibles queden en la mateixa posició que l'assenyalada anteriorment per al mesurament de l'aïllament amb relació a terra. El mesurament de la resistència d'aïllament s'efectuarà successivament entre els conductors presos de dos en dos, i comprèn el conductor neutre o compensador.

### **Mesurament de la resistència d'aïllament de sòls i parets**

Un dels sistemes que s'utilitza per a la protecció contra contactes indirectes en determinats locals i emplaçaments no conductors es basa en el fet que, en cas de defecte d'aïllament bàsic o principal de les parts actives, es previngui el contacte simultani amb parts que puguin estar a tensions diferents, utilitzant per a això sòls i parets aïllants amb una resistència d'aïllament no inferior a:

- 50 k, si la tensió nominal de la instal·lació no és superior a 500 V.
- 100 k, si la tensió nominal de la instal·lació és superior a 500 V.

Aquests mesuraments de resistència d'aïllament tenen una aplicació singular en les ITC-BT-27 i 38. Segons la ITC-BT-27, les banyeres i dutxes metàl·liques s'han de considerar parts conductores externes susceptibles de transferir tensions i, per tant, s'han de connectar equipotencialment al conductor de protecció, al qual es connectaran també la posada a terra de les bases de corrent, les parts conductores accessibles dels equips de classe 1 que estiguin instal·lats en els volums de protecció 1, 2 i 3, i també qualsevol altra canalització metàl·lica que hi hagi a l'interior d'aquests volums. Aquesta prescripció per banyeres i dutxes metàl·liques no és aplicable si es demostra que aquestes parts estan aïllades de l'estructura i d'altres parts de l'edifici; per a això, la resistència d'aïllament entre la superfície metàl·lica de banys i dutxes i l'estructura de l'edifici ha de ser com a mínim de 100 k $\Omega$ .

La resistència d'aïllament s'ha de mesurar amb un megaòhmmetre entre un elèctrode d'unes dimensions especificades que es recolza sobre el terra o la paret que s'ha de mesurar i el conductor de protecció de terra de la instal·lació.

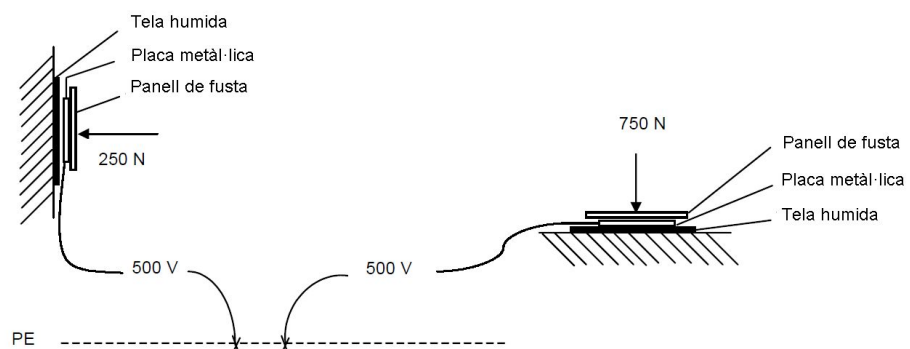
Per comprovar els valors anteriors, s'han de fer almenys tres mesuraments en el mateix local, en un dels quals hi ha situat l'elèctrode, aproximadament a 1 m d'un element conductor accessible al local. Els altres dos mesuraments s'efectuaran a distàncies superiors. Aquesta sèrie de tres mesuraments s'ha de repetir per a cada superfície important del local.

Per als mesuraments, s'ha d'utilitzar un megaòhmmetre capaç de subministrar en buit una tensió d'uns 500 V de corrent continu, (1.000 V, si la tensió nominal de la instal·lació és superior a 500 V).

Es poden utilitzar dos elèctrodes de mesurament (el de tipus 1 o el de tipus 2), encara que és recomanable utilitzar el de tipus 1.

L'elèctrode de mesurament de tipus 1 està constituït per una placa metàl·lica quadrada de 250 mm de costat i un paper o tela hidròfila mullada i escorreguda d'uns 270 mm de costat que es col·loca entre la placa i la superfície que es vol assajar (Mireu figura 3.7). Durant els mesuraments s'aplica a la placa una força de 750 N o 250 N, segons que es tracti de sòl o parets.

**FIGURA 3.7.** Mesurament de la resistència d'aïllament de sòls o parets



L'elèctrode de mesurament del tipus 2 està constituït per un triangle metàl·lic, on els punts de contacte amb el terra estan col·locats a prop dels vèrtexs d'un triangle equilàter. Cadascuna de les peces de contacte que el sosté està formada per una base flexible que garanteix, quan està sota l'esforç indicat, un contacte estret amb la superfície que es vol assajar de 900 mm<sup>2</sup>, aproximadament, que presenta una resistència inferior a 5.000 Ω. En aquest cas, abans d'efectuar els mesuraments, la superfície que es vol assajar es mulla o es cobreix amb una tela humida. Durant el mesurament, s'aplica sobre el triangle metàl·lic una força de 750 N o 250 N, segons que es tracti de sòls o parets.

### Assaig dielèctric de la instal·lació

Pel que fa a la rigidesa dielèctrica d'una instal·lació, ha de ser tal que desconnectats els aparells d'utilització (receptors), resisteixi durant un minut una prova de tensió

de  $2 U + 1.000 \text{ V}$  a una freqüència industrial (50 Hz);  $O$  és la tensió màxima de servei expressada en volts i amb un mínim de 1.500 V. Aquest assaig es realitzarà per a cada un dels conductors, incloent-hi el neutre o compensador, amb relació a terra i entre conductors, excepte per als materials en què es justifiqui que l'assaig ha estat efectuat prèviament pel fabricant.

Aquest assaig es duu a terme mitjançant un generador de corrent altern de 50 Hz capaç de subministrar la tensió d'assaig requerida.

Durant aquest assaig, els dispositius d'interrupció s'han de col·locar en la posició de "tancat" i els tallacircuits fusibles, instal·lats com en servei normal per tal de garantir la continuïtat del circuit elèctric que es vol provar.

Aquest assaig no es realitzarà en instal·lacions de locals que presentin risc d'incendi o explosió.

Durant aquest assaig, el corrent subministrat pel generador, que és el que es fuga a terra a través de l'aïllament, no serà superior per al conjunt de la instal·lació, o per a cada un dels circuits en què es pugui dividir la instal·lació a l'efecte de la seva protecció, a la sensibilitat que presentin els interruptors diferencials instal·lats com a protecció contra els contactes indirectes.

### **Mesurament de corrents de fuga**

A més de la prova de corrent de fuga de l'apartat anterior, per a cada un dels circuits protegits amb interruptors diferencials convé efectuar el mesurament de corrents de fuga, a la tensió de servei de la instal·lació i amb els receptors connectats. Els valors mesurats han de ser igualment inferiors a la meitat de la sensibilitat dels interruptors diferencials instal·lats per protecció de cada un dels circuits. Mitjançant aquest mètode és possible detectar un circuit o receptor que presenti un defecte d'aïllament o que tingui un corrent de fuites superior al de la sensibilitat dels interruptors diferencials de la instal·lació, que en casos extrems arriba a disparar els diferencials de protecció. En aquest cas, caldrien ponts per poder localitzar el circuit o receptor avariats.

El mesurament s'efectua mitjançant una tenalla amperimètrica de sensibilitat mínima d'1 mA, que es posa abraçant els conductors actius (de fase i el neutre), de manera que la tenalla mesura la suma vectorial dels corrents que passen pels conductors que abraça; si la suma no és zero, la instal·lació té una intensitat de fuga que circularà pels conductors de posada a terra dels receptors instal·lats aigües avall del punt de mesurament. Aquest tipus de pinces solen portar un filtre que ens permet fer el mesurament a la freqüència de xarxa (50 Hz) o per a intensitats d'alta freqüència.

### **Mesurament de la impedància de bucle**

El mesurament del valor de la impedància de bucle és necessari per comprovar el funcionament correcte dels sistemes de protecció basats en la utilització de fusibles o interruptors automàtics en sistemes de distribució TN, i IT principalment.

#### **Corrent de defecte i corrent de fuga**

Cal no confondre el corrent de defecte amb el corrent de fuga, ja que aquest darrer es dona en més o menys mesura en tota classe de receptors en condicions normals de funcionament, sobretot en receptors que portin filtres per combatre interferències, com les formades per condensadors connectats a terra. En són un exemple els balasts electrònics d'alta freqüència associats als tubs fluorescents.

Aquests sistemes de protecció requereixen determinar la intensitat de curtcircuit prevista per a fase i terra, per comprovar que per a aquest valor d'intensitat de curtcircuit el temps d'actuació del dispositiu de protecció de màxima intensitat és inferior a un temps especificat. Aquest temps és funció de l'esquema de distribució utilitzat i de la tensió nominal entre fase i terra,  $U_0$ , de la instal·lació, tal com s'especifica en la ITC-BT-24.

$Z_s$  és la impedància del bucle de defecte, incloent-hi la de la font, la del conductor actiu fins al punt de defecte i la del conductor de protecció, des del punt de defecte fins a la font.

Els mesuradors d'impedància de bucle són instruments que mesuren directament el valor d'aquesta impedància i que calculen mitjançant un processador el valor de la intensitat de curtcircuit prevista.

En aquest tipus de mesurament, cal establir un pont provisional en qualsevol interruptor diferencial instal·lat aigües amunt del punt de prova. Aquest mesurament s'ha d'efectuar amb la instal·lació en tensió. Com que aquests mesuraments es fan a dos fils, cal descomptar la resistència dels cables de connexió del mesurament.

A més del mesurament de la impedància de bucle entre fase i terra (L-PE), mitjançant aquests instruments també és possible determinar la impedància de bucle entre qualsevol fase i el conductor neutre (LN), així com entre dues fases qualssevol per a instal·lacions trifàsiques.

El principi de funcionament d'un mesurador d'impedància de bucle consisteix a carregar el circuit en el punt de prova mitjançant una resistència calibrada que es connecta durant un temps molt breu, de l'ordre dels mil·lisegons, de manera que hi circula una intensitat coneguda.

L'instrument mesura la tensió tant abans com durant el temps de circular el corrent, i la diferència entre totes dues, la caiguda de tensió en el circuit assajat. Finalment, el quocient entre la caiguda de tensió i el valor de la intensitat de càrrega ens dóna el valor de la impedància de bucle.

### **Mesurament de la tensió de contacte i comprovació dels interruptors diferencials**

Quan el sistema de protecció contra els xocs elèctrics està confiat a interruptors diferencials, com és habitual quan es fan servir sistemes de distribució del tipus TT, s'ha de complir la condició següent:

$$RA \cdot I_a \geq U$$

on:

- $RA$  és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses
- $I_a$  és el corrent diferencial - residual assignat del diferencial

- $U$  és la tensió de contacte límit convencional (50 V, 24 V o altres, segons els casos)

Per garantir la seguretat de la instal·lació, s'han de complir dues condicions: la tensió de contacte que s'ha de poder presentar en la instal·lació en funció dels diferencials instal·lats ha de ser inferior al valor límit convencional (50 V o 24 V) i els diferencials han de funcionar correctament.

### 1. Mesurament de la tensió de contacte

En la pràctica, els mesuradors d'impedància de bucle que serveixen també per mesurar el valor de la tensió de contacte no solen ser capaços de mesurar únicament el valor de la resistència RA, sinó que mesuren el valor de la impedància de tot el bucle indicat en la figura anterior, incloent-hi la resistència de terra del centre de transformació (RB), de manera que s'obté un valor superior al valor buscat de RA.

Finalment, el mesurador multiplica aquest valor per la intensitat assignada de l'interruptor diferencial que nosaltres hem seleccionat per obtenir així la tensió de contacte:

$$U_c = Z_s \cdot I_a$$

on

- $U_c$  és la tensió de contacte calculada pel mesurador
- $Z_s$  és la impedància de bucle de defecte (més gran que la resistència de posada a terra RA)
- $I_a$  és la intensitat diferencial assignada que hem programat en el mesurador.

Com que la impedància de bucle és sempre més gran que la de posada a terra, el valor de la tensió de contacte mesurada sempre serà més gran que el valor real, cosa que afavorirà la seguretat.

Òbviament, la instal·lació és segura si la tensió de contacte mesurada és inferior a la tensió de contacte límit convencional.

### 2. Comprovació dels interruptors diferencials

La comprovació de diferencials requereix un aparell capaç d'injectar a través del diferencial sota prova un corrent de fuites especificat i conegut que, segons el seu valor, ha de fer disparar el diferencial. Per fer la prova, el comprovador es connecta a qualsevol base d'endoll aigües avall del diferencial en assaig, mentre la instal·lació està en servei. A més, quan dispari el diferencial, el comprovador ha de ser capaç de mesurar el temps que ha trigat a disparar des de l'instant en què s'ha injectat la intensitat de fuites.

Normalment, aquests equips injecten un corrent sinusoidal, però, per comprovar alguns diferencials especials, de vegades també cal que siguin capaços d'injectar corrent altern rectificat de mitja ona o un corrent continu.

Les proves habituals per comprovar el funcionament d'un diferencial del tipus general són les següents:

- S'injecta una intensitat que sigui la meitat de la intensitat diferencial residual assignada, amb un angle de fase de corrent respecte de l'ona de tensió de  $0^\circ$ , i el diferencial no ha de disparar.
- Es repeteix la prova anterior amb un angle de fase de  $180^\circ$  i el diferencial no ha de disparar.
- S'injecta una intensitat igual a la intensitat diferencial residual assignada, amb un angle de fase de corrent respecte de l'ona de tensió de  $0^\circ$ , i el diferencial ha de disparar en menys de 200 ms.
- Es repeteix la prova anterior amb un angle de fase de  $180^\circ$  i el diferencial ha de disparar en menys de 200 ms.
- S'injecta una intensitat igual al doble de la intensitat diferencial residual assignada, amb un angle de fase de corrent respecte de l'ona de tensió de  $0^\circ$ , i el diferencial ha de disparar en menys de 150 ms.
- Es repeteix la prova anterior amb un angle de fase de  $180^\circ$  i el diferencial ha de disparar en menys de 150 ms.
- S'injecta una intensitat igual a cinc vegades la intensitat diferencial residual assignada, amb un angle de fase de corrent respecte de l'ona de tensió de  $0^\circ$ , i el diferencial ha de disparar en menys de 40 ms.
- Es repeteix la prova anterior amb un angle de fase de  $180^\circ$  i el diferencial ha de disparar en menys de 40 ms.

Per als diferencials selectius del tipus S les proves tenen altres límits d'acceptació.

### **3. Comprovació de la seqüència de fases**

Aquesta comprovació s'efectua mitjançant un equip específic o utilitzant un comprovador multifunció de baixa tensió que tingui aquesta capacitat. Aquest mesurament és necessari, per exemple, si es vol connectar motors trifàsics, de manera que s'asseguri que la seqüència de fases és directa abans de connectar el motor.

### **3.10 Manteniment de les instal·lacions elèctriques**

Determinades instal·lacions elèctriques s'han de fer revisar i inspeccionar. Dependent del tipus de local, els titulars han de contractar el manteniment amb empreses instal·ladores autoritzades i la inspecció periòdica amb entitats d'inspecció i control.



### 3.10.1 Inspeccions de les instal·lacions

Han de ser objecte d'inspecció inicial, un cop fetes les instal·lacions, i també les seves ampliacions o modificacions importants, i abans de la posada en servei, les instal·lacions següents:

- Instal·lacions industrials que requereixen un projecte, amb una potència màxima admissible superior a 100 kW.
- Locals de concurrència pública.
- Locals amb risc d'incendi o explosió, de classe I, excepte garatges de menys de 25 places.
- Locals mullats amb una potència màxima admissible superior a 25 kW.
- Piscines amb una potència màxima admissible superior a 10 kW.
- Fonts accessibles a persones no autoritzades amb una potència màxima admissible superior a 10 kW.
- Quiròfans i sales d'intervenció.
- Instal·lacions d'enllumenat exterior amb una potència màxima admissible superior a 5 kW.

Són objecte d'inspeccions periòdiques, cada cinc anys, totes les instal·lacions elèctriques de baixa tensió que van requerir inspecció inicial, i també les instal·lacions d'enllumenat exterior amb una potència màxima admissible inferior o igual a 5 kW; també ho són, cada deu anys, les comunes a edificis d'habitatges de potència màxima admissible superior a 100 kW.

### 3.10.2 Revisions de les instal·lacions

Els titulars d'instal·lacions elèctriques subjectes a inspeccions periòdiques han de contractar-ne el manteniment amb una empresa instal·ladora de la categoria que correspongui i que estigui inscrita degudament, i han de disposar d'un llibre de manteniment que ha de contenir, com a mínim, el registre i el resultat de les revisions i les inspeccions corresponents.

L'empresa instal·ladora ha d'efectuar una revisió de la instal·lació quan se signi el contracte. També ha d'estendre un dictamen de reconeixement, signat per una persona amb carnet individual identificador d'instal·lador autoritzat de l'empresa, on s'ha d'assenyalar la conformitat de la instal·lació amb el reglament electrotècnic per a baixa tensió que hi sigui aplicable, o bé les modificacions que cal fer quan –a parer seu– no ofereix les garanties de seguretat adients.

Les revisions següents i l'emissió del dictamen de reconeixement s'han de fer un cop l'any, com a mínim.