

25

exemplar gratuït

Ventilació Industrial

Objecte

Considerar la ventilació una eina fonamental per al control i la millora de la qualitat de l'aire en locals interiors.

Establir una sèrie de conceptes bàsics de ventilació a partir dels quals es pugui estimar si la ventilació del local és correcta. Això no obstant, una bona ventilació pot ser insuficient per aconseguir una absència efectiva de contaminants ambientals, per la qual cosa, una vegada comprovada, cal recórrer a l'avaluació de la contaminació present.

Àmbit d'aplicació

La ventilació constitueix un dels mètodes preventius més eficaços utilitzats per l'higienista industrial, ja que consisteix en l'eliminació de l'aire contaminat del lloc de treball mitjançant la substitució per aire fresc.

La ventilació és aplicable en ambients interiors tant industrials com no industrials (oficines, teatres, restaurants, escoles, etc.).

Conceptes generals

La indústria moderna, amb la seva complexitat d'operacions i processos, utilitza un nombre creixent de substàncies i preparats químics, molts dels quals tenen una elevada toxicitat. L'ús d'aquests materials pot donar lloc al fet que siguin presents en l'ambient de treball, en concentracions que excedeixen els nivells de seguretat.

Tanmateix, l'estrès tèrmic també pot donar lloc a ambients de treball insegurs o incòmodes.

Una ventilació eficaç i ben dissenyada ofereix una solució a aquestes situacions, en les quals s'ha de protegir el treballador. La ventilació també pot ser eficient per al control de les olors, humitats i altres condicions ambientals no desitjables.

Per ventilació s'entén el procés de subministrar i eliminar l'aire d'un espai per mitjans naturals o mecànics. De manera general, es poden distingir els següents objectius de la ventilació: substituir l'aire contaminat o viciat d'un local per aire net, evacuar els contaminants i evitar la dispersió dels contaminants cap a zones no desitjades.

Podem parlar de dos tipus principals de ventilació:

- VENTILACIÓ GENERAL
- VENTILACIÓ o EXTRACCIÓ LOCALITZADA



Ventilació general

És la renovació de l'aire d'un local amb aire de procedència exterior. Es tracta que l'aire interior es mescli amb l'aire exterior net i que aquesta mescla sigui eliminada del local amb un cabal igual al del nou aire que entra. Aquest sistema de ventilació és utilitzat per mantenir les concentracions dels contaminants per sota dels valors límits permissibles. També mitjançant la ventilació general es poden controlar les condicions termohigromètriques inconfortables, introduint al local aire refrigerat a l'estiu i escalfat a l'hivern.

Segons l'objectiu fonamental que es vulgui aconseguir, la ventilació general es pot classificar en:

VENTILACIÓ PER DILUCIÓ: consisteix en la dilució de l'aire contaminat amb aire sense contaminar, amb l'objectiu de mantenir les concentracions de contaminants per sota dels valors límits permissibles. L'objectiu principal d'aquest tipus de ventilació és aconseguir una mescla perfecta a tot el local de manera que la concentració dels contaminants a la sortida sigui el més semblant possible a la concentració de tot el local. Això no obstant, aquest sistema només resulta pràctic quan el contaminant no és massa tòxic i la seva emissió és uniforme i està localitzada durant el procés.

VENTILACIÓ DE CONTROL TÈRMIC: consisteix a poder controlar les condicions termohigromètriques inconfortables introduint al local aire tractat per compensar les pèrdues o guanys de calor i vapor d'aigua que s'hi poden produir. Als locals de treball no industrials aquesta mesura de control no només està aconsellada, sinó que a vegades és l'única mesura aplicable.

Condicions d'aplicabilitat de la ventilació

La utilització de la ventilació general està sotmesa a algunes limitacions; és adequat aplicar-la quan:

- a) Es tracti de contaminants de baixa toxicitat, ràpida difusió i petits fluxos d'emissió.
- b) La quantitat del contaminant generada no sigui massa elevada.
- c) Els treballadors estiguin prou allunyats dels focus d'emissió.
- d) En el cas d'operacions que no admetin l'extracció localitzada.

Principis bàsics de disseny de la ventilació general

Els principis bàsics de disseny de sistemes de ventilació general són els següents:

1. Escolliu la quantitat d'aire suficient per aconseguir una dilució satisfactòria del contaminant.
2. Situeu els punts d'extracció prop del focus contaminant.
3. Situeu els punts d'introducció i extracció d'aire de manera que l'aire passi a través de la zona contaminada (el treballador ha d'estar situat entre l'entrada d'aire i el focus de contaminant).
4. L'aire es pot introduir i extreure del local de manera natural (a través de finestres, portes o altres obertures) o mecànica (mitjançant ventiladors). Ens podem trobar diverses situacions:
 - Ventilació per depressió: quan s'extreu aire del local mitjançant mètodes mecànics, l'aire de reposició entrarà per les finestres, portes o altres obertures.

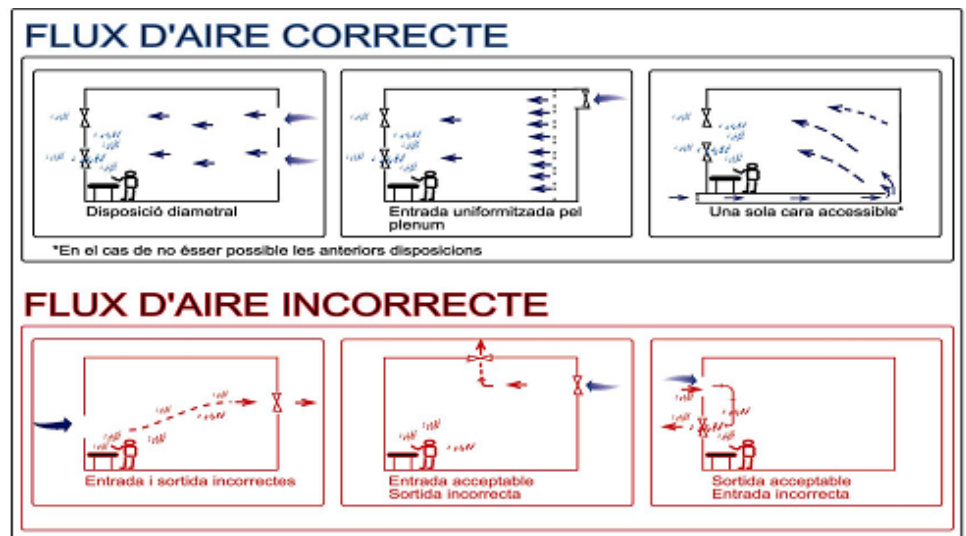
- Ventilació per sobrepressió: quan s'introdueix aire en el local amb mitjans mecànics, l'aire interior surt per les finestres, portes o altres obertures.
- Sistema combinat d'impulsió i extracció mecàniques.

5. Evitar que l'aire extret no torni a introduir-se en el local descarregant-lo a una alçada suficient per sobre de la coberta o assegurant-se que cap finestra, presa d'aire exterior o altres obertures es trobin prop del punt de descàrrega.

En els dibuixos següents es representen els sistemes de ventilació per sobrepressió i per depressió segons la ubicació del ventilador (a l'entrada o a la sortida):



En els dibuixos següents es representen fluxos d'aire correctes i incorrectes en funció de la posició de les entrades i sortides d'aire:



Càlcul del cabal per a la ventilació general

El nou RITE (Reglament de les Instal·lacions Tèrmiques als Edificis), que és de compliment obligat excepte en els ambients industrials, en la seva instrucció ITE 02.2.2 «Calidad del aire interior y ventilación», indica que s'han de considerar els criteris de ventilació indicats a la norma UNE 100-011, depenent del tipus de local i del nivell de concentració dels contaminants. Aquesta norma ens dona valors de cabals d'aire exterior en l/s per persona i per m³.

D'altra banda, si el tipus de local no està contemplat en el criteri anterior, anirem al Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, aplicable a tot tipus de centres de treball. En aquesta disposició s'especifica la renovació mínima de l'aire en els locals de treball en m³ d'aire net per hora i treballador.

Això no obstant, hem de considerar que el cabal «obligatori» anterior pot ser vàlid per a ambients relativament «normals», és a dir, quan es tracta de diluir l'olor corporal, els contaminants derivats de la respiració de les persones, la pol·lució produïda pels mobles, revestiments i parets de l'edifici, el fum del tabac i la calor o la humitat, si són moderades.

Si l'ambient en el qual ens trobem no queda comprès pel RITE i són insuficients els cabals previstos en el Reial Decret 486/1997, podem utilitzar la tradicional taula de renovacions/hora. Segons aquesta taula, depenent dels tipus de local i del seu grau de contaminació, escollirem un nombre de renovacions/hora, NR; després multiplicarem aquest NR pel volum del local, V; i així obtindrem el cabal d'aire net que cal introduir en el local, Q.

$$\text{Cabal } Q(m^3/h) = VxNR$$

Càlcul del cabal per a la ventilació general de control tèrmic

La ventilació pot utilitzar-se per eliminar la calor i la humitat excessiva, sempre que es disposi d'un aire de substitució més fred o més sec. Per calcular el cabal de ventilació s'ha d'estimar la quantitat de calor sensible (energia tèrmica que provoca un canvi de temperatura) i la quantitat de calor latent (energia tèrmica que provoca un canvi d'estat físic, de líquid a gas, sense canvi de temperatura) aportats per cadascuna de les fonts de calor, així com determinar quin augment de temperatura i d'humitat es considera acceptable.

El cabal necessari per a l'eliminació del calor sensible pot estimar-se a partir de la fórmula següent:

$$Q = Cts/0,29 \Delta T$$

on,

Cts: càrrega tèrmica sensible en kcal/h

ΔT : temperatura seca de l'interior - temperatura seca de l'exterior en °C

0,29: calor específica de l'aire en kcal/m³C

El cabal necessari per a l'eliminació de la calor latent és molt similar a l'anterior:

$$Q = Ctl/ \Delta H d$$

on,

Ctl: càrrega tèrmica latent en kg vapor/h

ΔH : diferència entre la humitat absoluta de l'aire interior i el valor màxim d'humitat absoluta acceptable per a l'interior (kg vapor/kg aire)

d: densitat de l'aire kg/m³

En tots dos casos, Q és el cabal total, incloent-hi el recirculat.

Els cabals d'aire calculats no s'han de sumar; s'ha d'utilitzar el més gran dels obtinguts, ja que la calor sensible i la calor latent s'eliminen simultàniament. En molts casos, la càrrega tèrmica sensible és molt superior a la latent, de manera que el cabal de ventilació es pot calcular tenint en compte només la càrrega tèrmica sensible.

És possible que el disseny d'un sistema de ventilació per ambients laborals molt calorosos inclogui la incorporació d'elements de refrigeració i tractament de l'aire que estan fora de l'àmbit d'aquest document.

Càlcul del cabal per la ventilació general per dilució

La ventilació per dilució troba la seva aplicació més freqüent en el control de vapors orgànics el valor límit ambiental dels quals sigui igual o superior a 100 ppm.

Per ventilar un local pel sistema de ventilació per dilució i poder mantenir constant la concentració del contaminant, sempre que la generació d'aquest contaminant sigui constant, es dedueix a partir d'una equació de balanç del contaminant en el local, suposant que l'aire que s'introdueix està net del contaminant:

$$\text{Acumulació} = \text{Generació} - \text{Eliminació}$$

és a dir,

$$VdC = Gdt - Q'Cdt$$

on,

V = volum del local

G = velocitat de generació

Q' = cabal efectiu de ventilació

C = concentració del gas o vapor

t = temps

En estat estacionari, l'acumulació és zero, atès que el nostre objectiu és que el contaminant que es genera s'elimini, i en conseqüència, dC és zero i l'equació queda així:

$$0 = Gdt - Q'Cdt$$

$$Gdt = Q'Cdt$$

Si la concentració, C, i la velocitat de generació, G, són constants, haurem de:

$$Q' = \frac{G}{C}$$

A causa que la mescla no és completa, s'introdueix un factor de seguretat en el càlcul del cabal, de manera que:

$$Q' = \frac{Q}{K}$$

Fent la substitució, tenim que:

$$Q = \frac{G}{C} K$$

on,

G = velocitat de generació de la contaminació en mg/h

C = concentració del contaminant en l'aire en mg/m³

Q = cabal real de ventilació, m³/h

Q' = cabal efectiu de ventilació, m³/h

K = factor de seguretat per tenir en compte que la mescla no és completa

El valor de K s'ha d'escollir d'acord amb aquestes consideracions, i es troba entre 1 i 10 (a menor eficàcia del sistema de ventilació major serà el valor de K).

De la fórmula anterior es desprenen diverses conseqüències:

- El cabal d'aire necessari depèn només de la quantitat de contaminant generat i del nivell de concentració admès.
- El volum del local no intervé en el càlcul del cabal en la hipòtesi de règim estacionari.
- El volum del local sí que és important en els càlculs referents a règims transitoris (acumulació o eliminació del contaminant).

Ventilació o extracció localitzada

Es tracta de captar l'aire contaminat en el mateix focus on s'emeta, abans que es dispersi per l'aire ambient i sigui respirat pels treballadors.

El sistema de ventilació o extracció localitzada és el sistema més utilitzat per controlar el contaminant en el focus emissor. Els volums que es requereixen són molt menors, ja que capturen el contaminant en la zona pròxima a la seva emissió i el seu avantatge rau en la seva eficàcia a l'hora d'evitar la difusió del contaminant a l'ambient. Aquest sistema de ventilació resol la majoria de problemes higiènics.

Condicions d'aplicabilitat de la ventilació o extracció localitzada

Sempre que hi hagi focus localitzats d'emissió de contaminants, en especial si són productes tòxics o s'emeten en gran quantitat, l'extracció localitzada ha de ser prioritària.

Principis bàsics de disseny d'una extracció localitzada

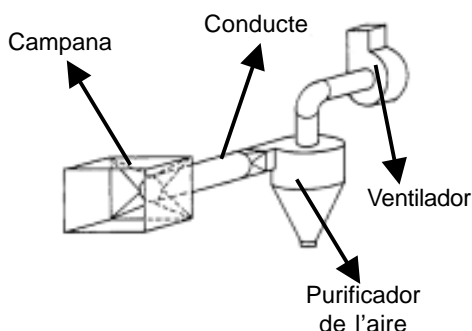
Els principis bàsics de disseny d'una extracció localitzada són:

- Tancar al màxim el focus d'emissió del contaminant.
- Velocitat de captura adequada.
- Flux d'aire des de l'operari cap a la zona contaminada.
- Tot el volum d'aire extret s'ha de substituir.
- Descàrrega d'aire lluny de l'entrada.

Parts d'una ventilació o extracció localitzada

En tot sistema d'extracció localitzada es distingeixen els elements següents:

- Campana
- Conductes
- Ventiladors
- Generalment dispositius purificadors de l'aire



Altres conceptes bàsics

Velocitat de captura: és la velocitat de l'aire en el focus emissor de contaminant.

Pèrdua de càrrega: és la pèrdua d'energia de l'aire dins del sistema d'extracció causat pel fregament i les turbulències.

Disseny d'un sistema d'extracció localitzada

El disseny d'un sistema d'extracció localitzada s'ha de fer per especialistes i és molt important remarcar que, una vegada tenim el sistema dissenyat i instal·lat, no s'ha de modificar sota cap concepte sense tornar a demanar l'assessorament dels especialistes que en van fer el disseny. En cas contrari (força freqüent a la realitat), tenim el risc de disminuir l'efectivitat del sistema.

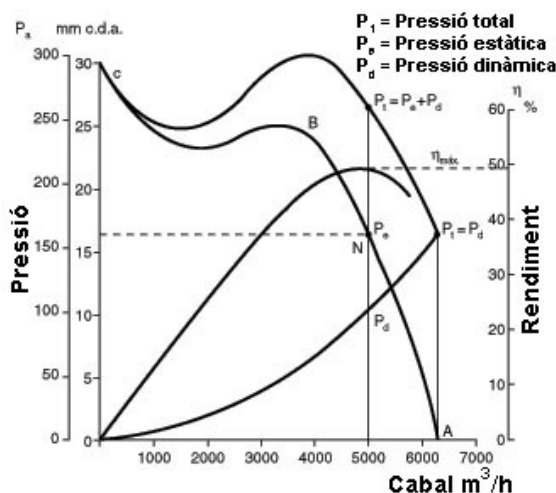
Tot seguit indiquem els conceptes bàsics que cal seguir en el disseny d'un sistema d'extracció localitzada:

Càlcul de cabal d'aire necessari

- Triar la velocitat de captura adequada en funció del tipus de contaminant i de la velocitat d'emissió. Existeixen taules per a això.
- Calcular el cabal d'aspiració per aconseguir la velocitat de captura triada; en funció del tipus de campana, hi ha diversos mètodes gràfics i numèrics per a aquest càlcul un cop hem triat la velocitat de captura adequada.

Càlcul del ventilador necessari

- Tenint en compte el disseny de la instal·lació, calcular la pèrdua de càrrega que es produirà en tot el circuit per al cabal calculat a b).
- Seleccionar el ventilador que per al cabal b) calculat sigui capaç de vèncer la pèrdua de càrrega calculada a c). Això es fa a través del que s'anomena la corba característica del ventilador.



Tipus de campanes

La campana és el punt d'entrada al sistema d'extracció, on la seva principal funció és crear un flux d'aire que capturi eficaçment el contaminant i el transporti cap a la campana.

Encara que es construeixen en una àmplia varietat de configuracions, és possible classificar-les en dues grans famílies:

- **CABINES:** són campanes que tanquen totalment o parcialment el procés o el punt de generació del contaminant. Un corrent d'aire penetra a la cabina a través de la seva obertura i en retindrà el contaminant a l'interior, impedit que arribi a l'ambient laboral.
- **CAMPANES EXTERIORS:** són les que es troben situades adjacents al focus contaminant, però sense tancar-lo. Factors que cal tenir en compte:
 - El cabal de captació varia molt amb la distància.
 - El flux d'aire ha d'anar en sentit contrari a la zona de respiració de l'operari.
 - Millora el rendiment si s'emmarca la boca de la campana.
 - Quan el contaminant és un gas, vapor o pols fina, l'orientació de la campana no és crítica; això no obstant, si el contaminant inclou partícules grans, la campana s'ha de col·locar en direcció a l'emissió de contaminants.

Equips per depurar l'aire

Són equips que eliminen els contaminants del corrent d'aire. N'hi ha una àmplia gamma de dissenys, en funció del grau d'eficàcia, la quantitat i les característiques del contaminant.

CAPTADORS DE POLS

- **PRECIPITADORS ELECTROSTÀTICS:** Mantenen un camp elèctric d'alt voltatge entre dos elèctrodes en què les polaritats són de signes oposats. El gas que cal depurar passa a través d'aquest camp elèctric que mantenen aquests dos elèctrodes. Les molècules del gas es descomponen en ions positius i negatius, els elèctrodes de la mateixa polaritat que l'elèctrode de descàrrega s'adhereixen a les partícules neutres contingudes en el gas al seu pas per l'elèctrode pel precipitador. Quan es produeix el contacte de la partícula amb l'elèctrode, aquesta perd la seva càrrega i és retirada fàcilment pel rentat, la vibració o la caiguda lliure.
- **FILTRES DE TELA:** Eliminen les partícules mitjançant obstrucció, impacte, intercepció, difusió i atracció electrostàtica. La tela pot ser construïda per qualsevol material fibrós, tant natural com artificial. La capacitat de la tela per deixar passar l'aire a través seu és la permeabilitat.

CAPTADORS DE POLS O DE GASOS

- **DEPURADORS HUMITS:** Els depuradors humits, o netejadors, poden depurar contaminants de tipus gas o pols. En el cas dels gasos, es poden tractar gasos a altes temperatures o saturats d'humitat. En la captació de pols en humit, no tenen el problema de la generació secundària de pols en manipular o transportar el material de recollida en el filtre. Podem trobar-ne diferents tipus, com ara: cambra o torres de rentat, depuradors centrífugs per via d'humitat, depuradors humits de via d'humitat, precipitadors dinàmics d'humitat, depuradors d'humitat d'esclatxa, depuradors tipus venturi.
- **SEPARADORS CENTRÍFUGS PER VIA SECA:** Els separadors centrífugs per via seca eliminen partícules contingudes en un corrent d'aire mitjançant l'acció de forces centrífugues, gravitacionals o d'inèrcia. L'eficàcia de captació depèn de la mida, la forma i el pes de les partícules. N'hi ha de diferents tipus: cambra de sedimentació, separadors inercials, precipitadors dinàmics, ciclons, etc.

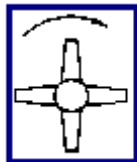
DEPURACIÓ PER CONTAMINANTS GASOSOS

- **ABSORCIÓ:** S'eliminen gasos solubles o químicament reactius amb el contingut d'un corrent d'aire per contacte amb un líquid adequat. L'aigua és el líquid absorbent més utilitzat, encara que en moltes ocasions és necessari l'ús d'additius.
- **ADSORCIÓ:** Es capten els contaminants per adsorció sobre un sòlid, les molècules del gas queden retingudes a la superfície d'un sòlid adsorbent. L'adsorbent més comú és el carbó actiu.
- **OXIDACIÓ TÈRMICA:** Anomenada també postcombustió, es pot utilitzar quan el contaminant és combustible. El corrent d'aire contaminat és introduït en un equip de flama oberta o proveït d'un sistema d'escalfament seguit d'una cambra en la qual els combustibles són oxidats produint diòxid de carboni i aigua.
- **OXIDACIÓ CATALÍTICA:** Es pot utilitzar quan el contaminant és combustible. El corrent d'aire contaminat, després de ser preescalfat, passa a través d'un llit catalític que accelera l'oxidació dels combustibles a diòxid de carboni i aigua.

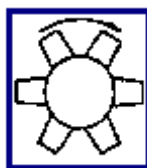
Tipus de ventiladors

Per moure l'aire a través d'un sistema de ventilació o extracció localitzada, és necessari aportar una energia per vèncer les pèrdues de càrregues del sistema. Aquesta energia és aportada per un ventilador. Els tipus de ventiladors que podem trobar poden ser:

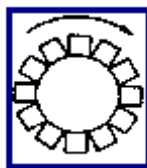
VENTILADORS AXIALS. Podem trobar tres tipus de ventiladors axials:



- **HELICOÏDAL:** S'utilitzen quan es necessiten alts cabals a baixa pressió, com ara la circulació d'aire a l'interior de recintes o els extractors que s'instal·len a les parets sense cap conducte. Utilitzats amb l'objectiu de renovar l'aire.

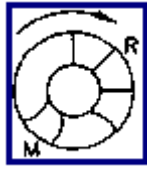


- **TUBULARS:** S'utilitzen en instal·lacions de ventilació, calefacció i aire condicionat amb conductes que requereixen una pressió de mitjana a baixa. També es poden utilitzar en alguns sistemes industrials com són forns d'assecatge, cabines de pintura i extraccions localitzades de fums.



- **TUBULARS amb DIRECTRIUS:** Té avantatges la seva utilització en els sistemes de ventilació general, calefacció i aire condicionat, a qualsevol pressió, quan cal que el flux d'aire sigui recte i l'equip, petit. Té les mateixes aplicacions industrials que els ventiladors tubulars.

VENTILADORS CENTRÍFUGS. Podem identificar diferents tipus segons els seus rodets:



- **PALES D'ALES PORTANTS:** S'utilitzen en sistemes de ventilació general, calefacció i aire condicionat. També tenen aplicacions industrials amb aire net i de grans mides.



- **PALES INCLINADES CAP ENRERE:** Tenen les mateixes aplicacions que els anteriors, però també es poden utilitzar en aplicacions industrials on l'ambient és corrosiu i/o abrasiu.



- **RADIAL:** S'utilitzen bàsicament en instal·lacions industrials de manipulació de materials. El rodet pot ser de construcció robusta i és de fàcil reparació a peu d'instal·lació, també es pot utilitzar en aplicacions industrials d'alta pressió. No s'utilitza per a ventilació, calefacció o aire condicionat.



- **PALES CORBADES CAP ENDAVANT:** Utilitzat bàsicament en instal·lacions de ventilació, calefacció i aire condicionat de baixa pressió com ara forns domèstics i unitats compactes d'aire condicionat.

VENTILADORS ESPECIALS: podem trobar els ventiladors centrífugs de flux axial i els extractors de sostre.

Data d'actualització d'aquest full: juny de 2005

Centres de Seguretat i Condicions de Salut en el Treball:

Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona
Pl. Eusebi Güell, 4-5 08034 Barcelona Tel. 932 055 001	Av. de Montilivi, 118 17003 Girona Tel. 972 208 216	Poligon Industrial "El Segre" Empresari Josep Segura i Farré P.728-B 25071 Lleida Tel. 973 200 400	Poligon Camp Clar Riu Siurana, 29 B 43006 Tarragona Tel. 977 541 455

Inspeccions Provincials de Treball i Seguretat Social:

Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona
Trav. de Gràcia, 303-311 08025 Barcelona Tel. 934 013 000	Álvarez de Castro, 4 17001 Girona Tel. 972 205 933	Riu Besos.2 25001 Lleida Tel. 973 216 380	Vidal i Barraquer, 20 43005 Tarragona Tel. 977 235 825

www.gencat.net/treballiindustria/relacions_laborals/seguretatisalut



Generalitat de Catalunya
Departament de Treball i Indústria
Direcció General de Relacions Laborals