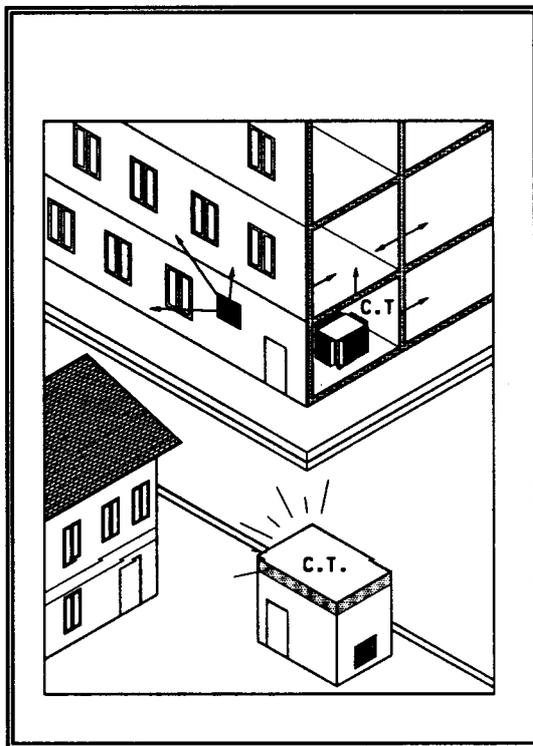


**ACUSTICA DE CENTROS DE TRANSFORMACION  
M.T./B.T. DE DISTRIBUCION PUBLICA**



**INDICE**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 0   | INTRODUCCION .....   | 1  |
| 1   | DEFINICIONES .....   | 3  |
| 2   | OBJETIVOS .....  | 3  |
| 3   | DATOS TECNICOS .....   | 5  |
| 4   | ORIGEN DE LOS PROBLEMAS DE RUIDO .....                             | 5  |
| 5   | EVALUACION DEL NIVEL SONORO .....                                  | 7  |
| 5.1 | Centros aislados de mampostería tradicional .....                  | 9  |
| 5.2 | Centros aislados prefabricados .....                               | 13 |
| 5.3 | Centros en inmuebles .....   | 15 |
| 6   | PRINCIPIOS GENERALES DE INSONORIZACION .....                       | 19 |
| 6.1 | Soportes antivibratorios .....                                     | 20 |
| 6.2 | Aislamiento por juntas .....                                       | 21 |
| 7   | DIAGRAMA GENERAL DE ANALISIS DE LOS PROBLEMAS<br>DE ACUSTICA ..... | 23 |

## 1 DEFINICIONES

- Presión acústica: En un punto dado del espacio, la presión instantánea "P(t)" es la resultante de la presión atmosférica "Pa" y de la variación de la presión instantánea "Pi".

$$P(t) = Pa + Pi$$

El oído no es sensible más que a las variaciones de presión, es esta variación instantánea "Pi" llamada también "presión sonora" la que da origen a las sensaciones auditivas.

A partir de la variación de presión instantánea "Pi" se calcula una presión eficaz "Pef", tenida en cuenta la naturaleza vibratoria del sonido.

La presión acústica se expresa en Pascal o Newton / m<sup>2</sup> y es la lectura dada por un sonómetro que cumpla con la Norma UNE 21314.

La presión atmosférica normal vale aproximadamente 1,0134x10<sup>5</sup> Pa.

- Nivel de presión acústica:  $20 \log_{10} (Pn / Po)$ , siendo Pn el valor eficaz de la presión acústica producida por el ruido a medir. Po es la presión acústica de referencia =  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

La potencia acústica se traduce en una transmisión de potencia en el espacio, medida como toda potencia en Vatios.

- Nivel de potencia acústica:  $10 \log_{10} (P / Po)$  (db), donde P es la potencia acústica en vatios y Po es la potencia de referencia de  $10^{-12}$  W

## 2 OBJETIVOS

Con el fin de tener en cuenta el impacto sonoro de los centros de transformación sobre el vecindario y de limitar los riesgos de contaminación acústica, se han fijado los límites que se hallan en la figura 1. Los datos se han tomado de E.D.F.

Aunque los niveles legales de ruido no están definidos para los Centros de Transformación, si creemos que aplicando el método de E.D.F. en la mayoría de los casos estaremos legalmente dentro de los límites fijados en las Ordenanzas.

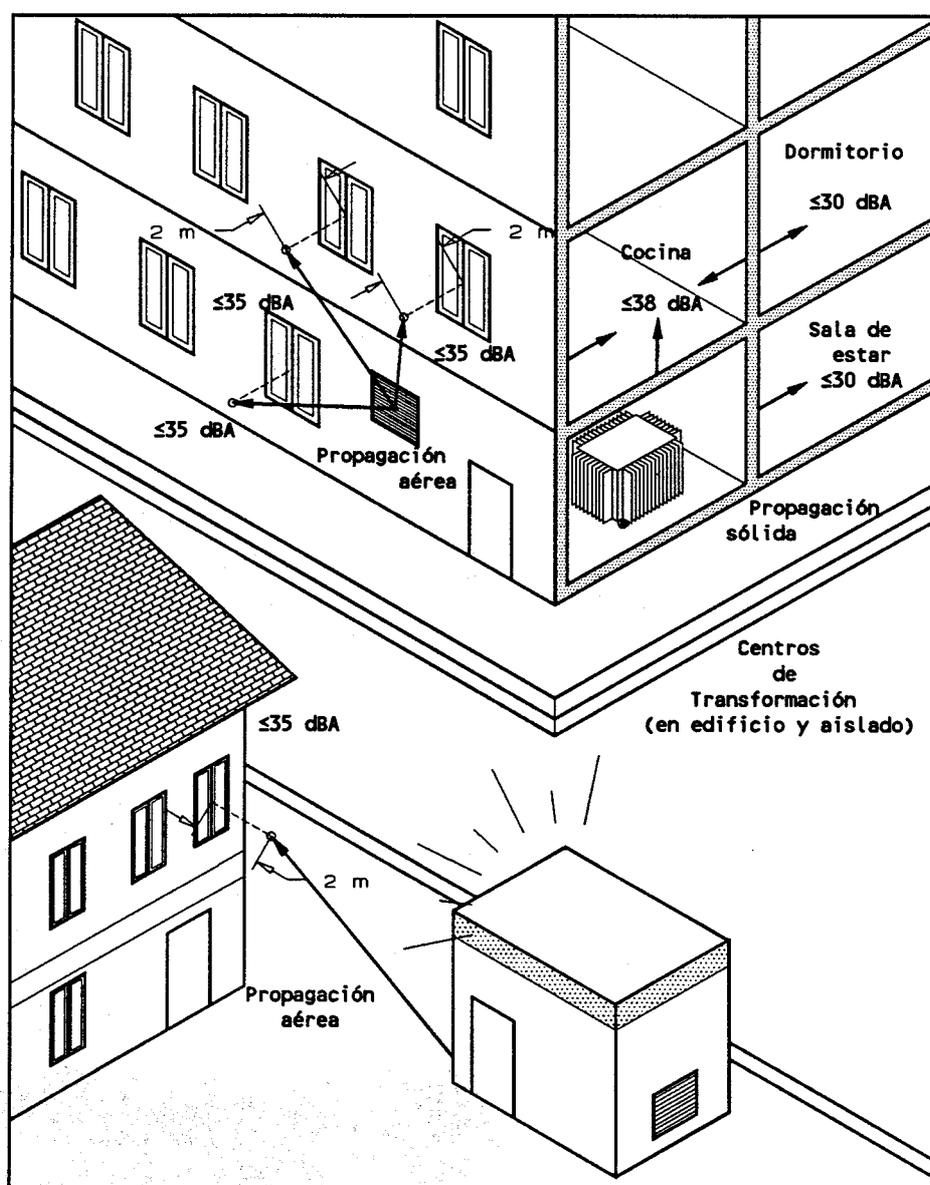
No obstante existe una Ordenanza sobre Protección del Medio

**Ambiente Urbano Contra la Emisión de Ruidos, la cual establece los siguientes valores máximos en el interior de los inmuebles:**

**De 8 h a 22 h: 55 dBA**

**De 22 h a 8 h: 45 dBA**

**De 22 h a 8 h en zonas saturadas: 30 dBA**



**Fig. 1**

Los valores de E.D.F. son los siguientes:

Para el período nocturno, el nivel de presión acústica (Lp) máximo queda limitado a los siguientes valores:

- Centros exteriores: 35 dBA delante de las habitaciones más próximas (2 m).
- Centros interiores: 30 dBA en las habitaciones principales (dormitorios, pasillos...) y 38 dBA en la cocina.

### 3 DATOS TECNICOS

La Norma UNE 21 138, relativa a transformadores de Distribución, limitan los niveles de potencia acústica en los valores de la Tabla I:

Tabla I

| POTENCIA NOMINAL EN kVA | NIVEL DE LA<br>POTENCIA ACUSTICA EN dBA |
|-------------------------|---|
| 250                     | 62                                      |
| 400                     | 65                                      |
| 630                     | 67                                      |
| 1.000                   | 68                                      |

### 4 ORIGEN DE LOS PROBLEMAS DE RUIDO

El ruido emitido por un transformador se trasmite simultáneamente por las siguientes vías:

- Aérea: Irradiada por la cuba del aparato.
- Sólida: Por las paredes del local.

Estos componentes dependen muy poco de la carga, pero son sensibles a las variaciones de tensión.

Además, los cables y los otros equipos pueden estar sometidos a esfuerzos electrodinámicos relacionados con la intensidad circulante, que se traducen también en vibraciones, transmitidas igualmente al paramento o a la envolvente.

Así pues el problema planteado por el ruido de un centro de transformación presenta dos aspectos:

- Propagación aérea: del ruido emitido por el transformador hacia el exterior del paramento, orificios de ventilación y la puerta.
- Propagación sólida: de las vibraciones generadas por el transformador, los cables y otros equipos a las estructuras que a su alrededor irradian ruido.

Según el tipo de centro, estos dos aspectos pueden provocar un problema.

En la Tabla II se indica el origen de los riesgos potenciales.

**Tabla II**

| TIPO DE CENTRO                   | PROPAGACION |        |
|----------------------------------|-------------|--------|
|                                  | Aérea       | Sólida |
| Aislado, mampostería tradicional | Si          | No (1) |
| Aislado, prefabricado            | Si          | No (1) |
| En edificio                      | Si          | Si     |
| Subterráneo                      | Si          | No (1) |

(1) Salvo en el caso de que el centro esté muy cerca de los muros del edificio, caso en el que pueden existir resonancias transmitidas por medio de los cimientos o de los muros medianeros.

## 5 EVALUACION DEL NIVEL SONORO

La propagación aérea en un punto del espacio, es decir el ruido emitido por una fuente, irradiada hacia el exterior por los orificios de ventilación, la envolvente o los dos a la vez, es posible calcularla.

Por contra actualmente no es posible establecer una relación sencilla entre la potencia acústica de una fuente (de un transformador por ejemplo) y la presión acústica transmitida por una propagación sólida en un punto del espacio.

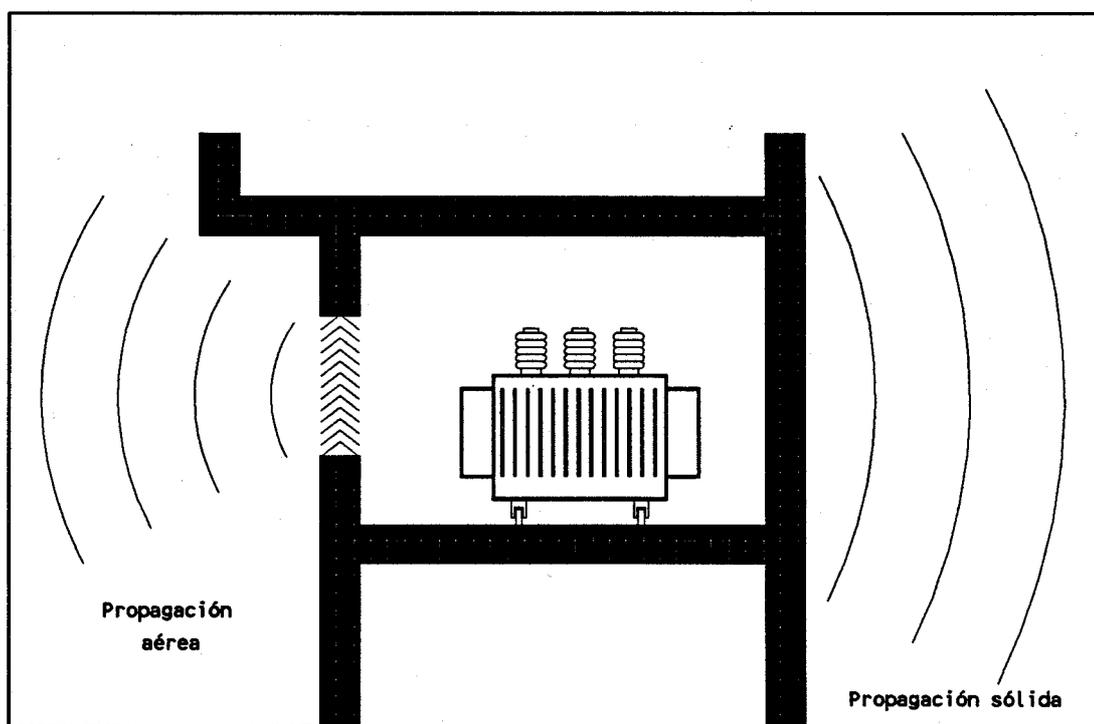


Fig. 2

Según la superficie de la envolvente y la distribución de los orificios de ventilación, la instalación puede emitir una radiación direccional (debido únicamente a los orificios de ventilación) o bien omnidireccional (debido a la envolvente y a los orificios de ventilación).

Consideramos en general que los centros de mampostería tradicional, aislados o en edificios, poseen una radiación direccional, siendo la fuente sonora el transformador (despreciando los cables y demás equipos). Para este tipo de centros, el nivel de potencia acústica está definido en el apartado 2.

Los centros prefabricados con envolvente ligera (cuya masa superficial no sobrepase los 200 kg/m<sup>2</sup>) tienen una radiación omnidireccional. Es entonces el centro el que es considerado como fuente sonora.

De una manera general, el nivel de la presión en potencia acústica a distancia está dada por la expresión:

$$L_p = L_w - K$$

Siendo:

- $L_p$ : Nivel de presión acústica local.
- $L_w$ : Nivel de presión acústica a distancia.
- $K$ : disminución debida a la distancia.

Son de considerar dos casos:

Radiación direccional:

- $L_{w1}$ : Nivel de la potencia acústica emitida por los orificios de ventilación en una dirección dada. Depende de la potencia del transformador (1) y de la superficie total de los orificios que dan sobre esa dirección.
- $L_{p1} = L_{w1} - K_1$  está dado en el apartado 5.1 para aparatos de 1.000 kVA.

Radiación omnidireccional;

- $L_{w2}$ : Nivel de potencia acústica emitida por el conjunto un centro. Depende de la potencia del transformador (1) y de la

superficie total de radiación.

-  $L_{p2}$ :  $L_{p2} = L_{w2} - K2$  se encuentra en el apartado 5.2 para aparatos de 250 y 1.000 kVA.

Nota: El ruido emitido por un transformador depende de su tensión de alimentación, una variación de tensión de más del 5% puede aumentar el nivel sonoro 5 dBA.

(1) En el caso en que el centro contenga dos transformadores, el nivel sonoro resultante se determina aumentando en 3 dBA el resultado obtenido con el transformador de mayor potencia.

### 5.1 Centros aislados de mampostería tradicional

El nivel sonoro máximo previsible (resultados experimentales) generado para un centro de 1.000 kVA queda reflejado en el gráfico I:

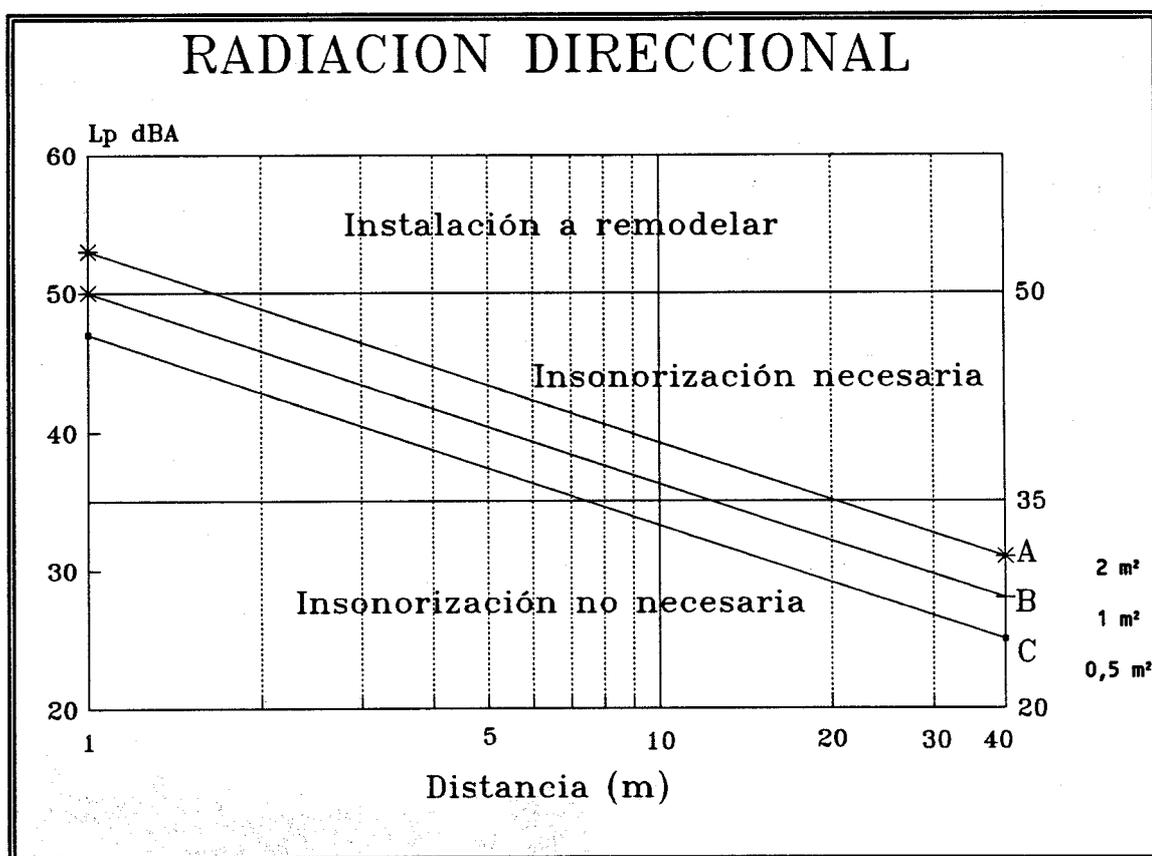


Gráfico I

**Nota:** A, B y C son las superficies totales de los orificios de ventilación vistos desde el punto de observación. Las superficies consideradas son las siguientes:

- A = 2 m<sup>2</sup>
- B = 1 m<sup>2</sup>
- C = 0,5 m<sup>2</sup>

#### **5.1.1 Ejemplos de aplicación**

- a) En instalación existente (Figura 3)

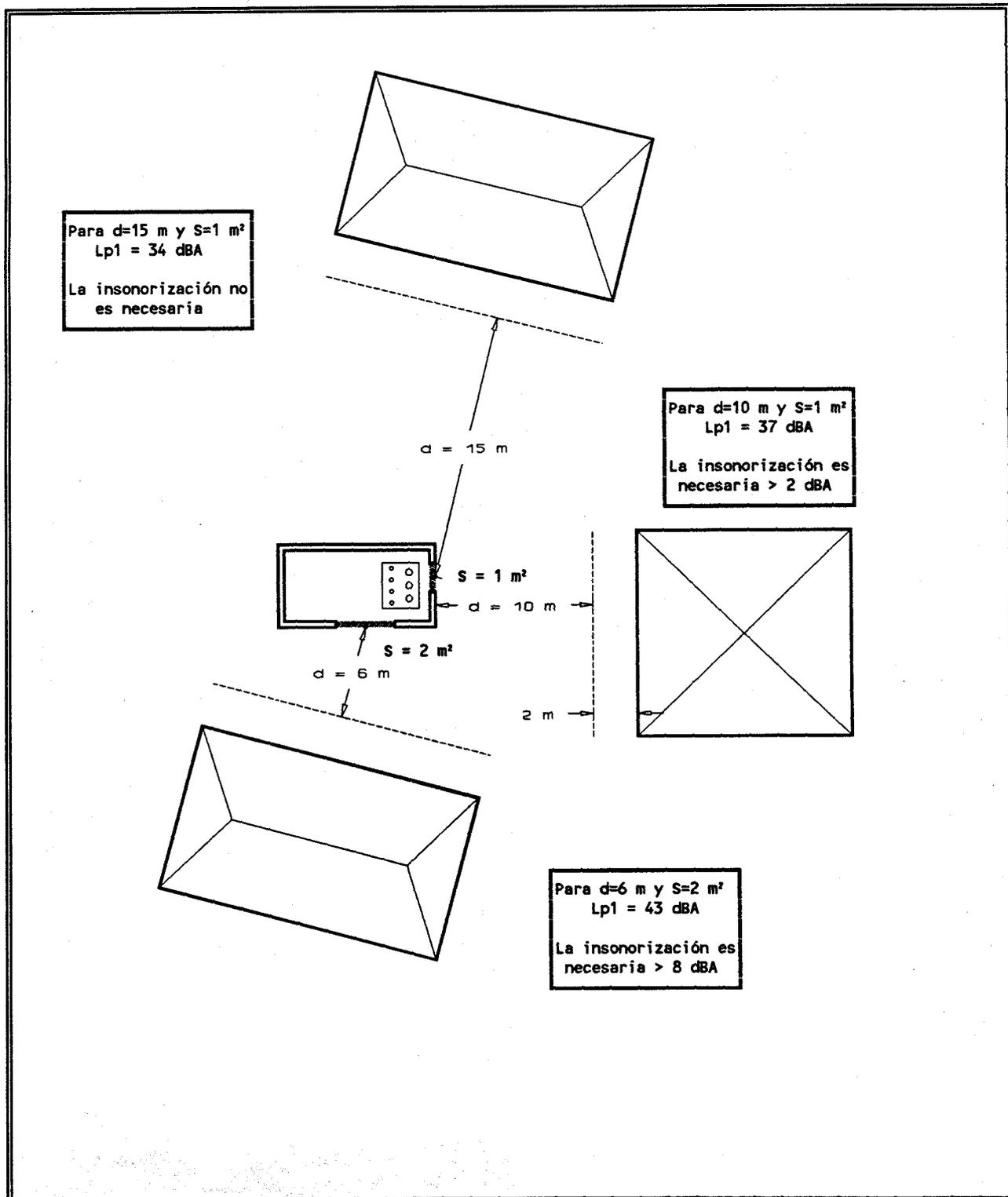


Fig. 3

b) En instalación de un nuevo centro MT/BT (Figura 4).

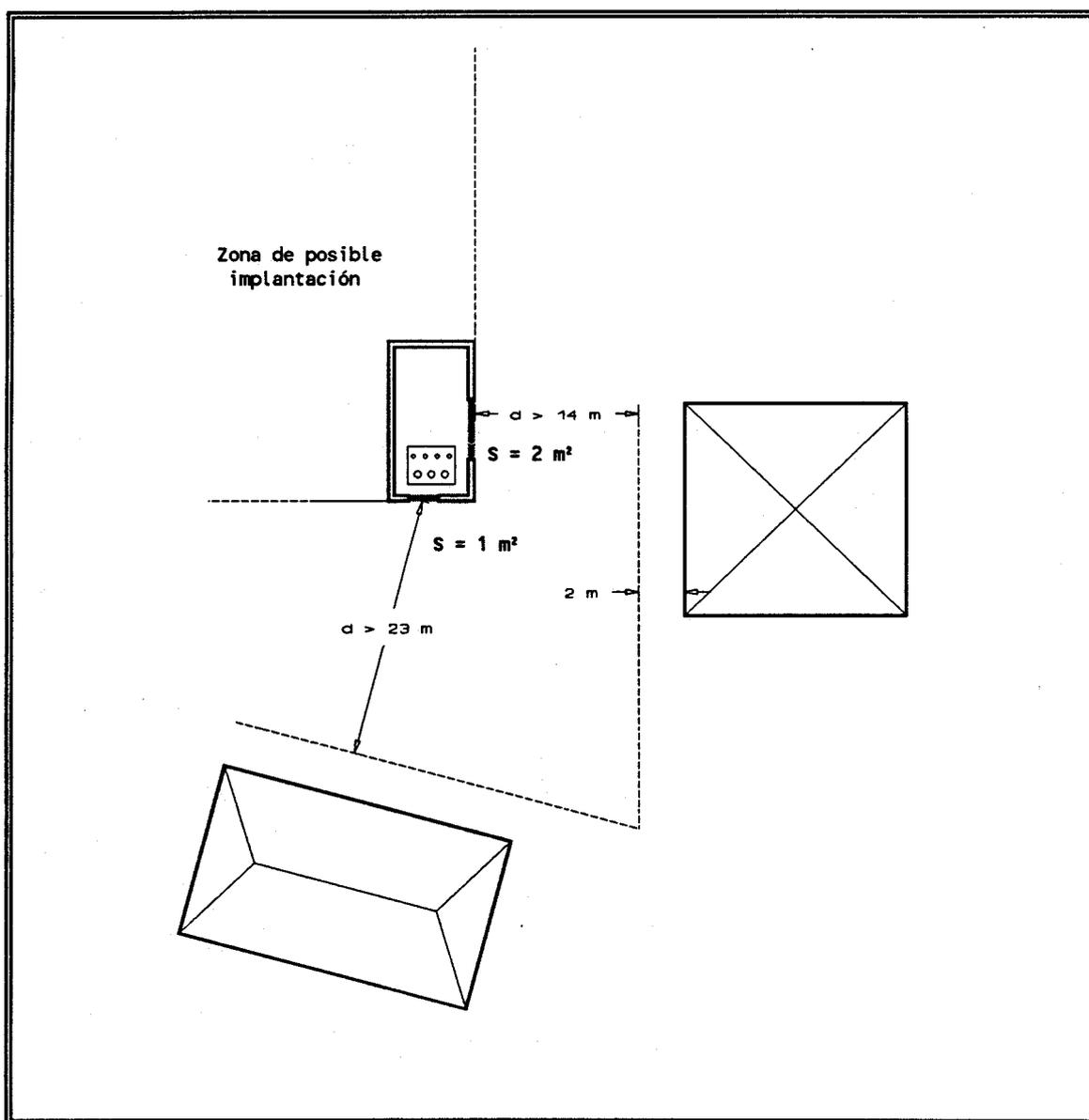


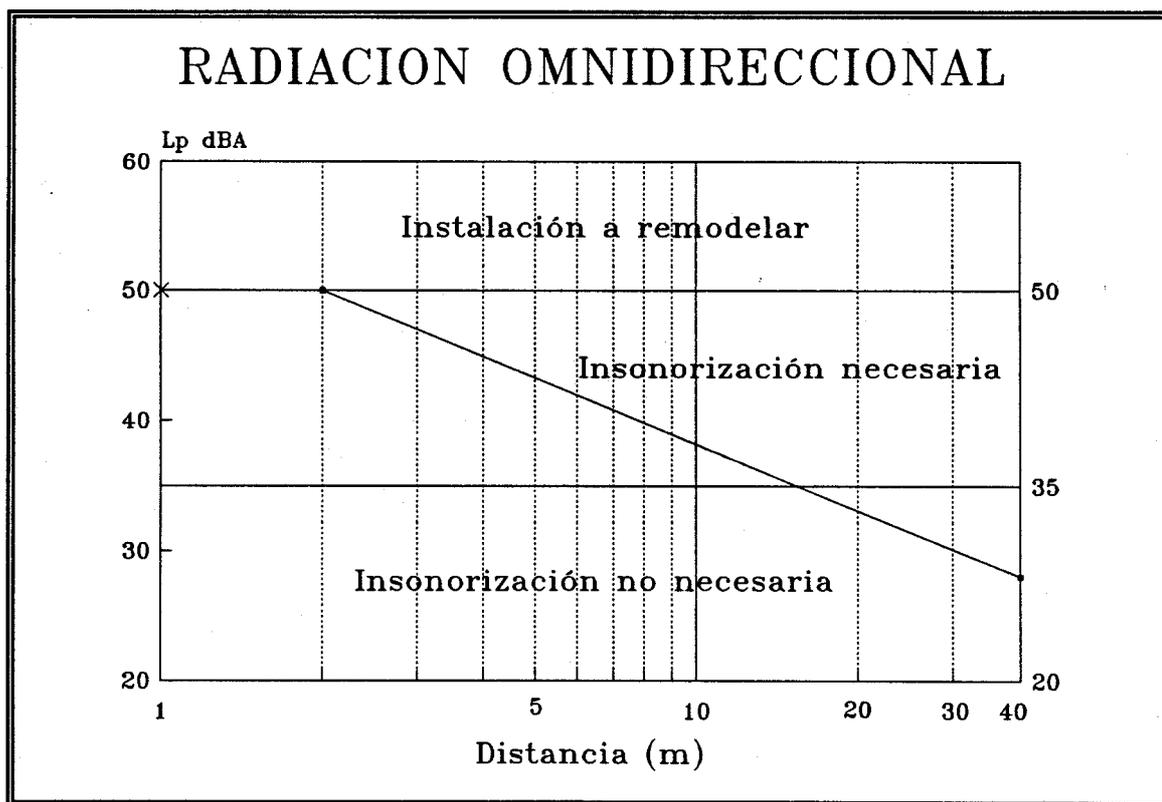
Fig. 4

**5.2 Centros aislados prefabricados**

a) Radiación omnidireccional

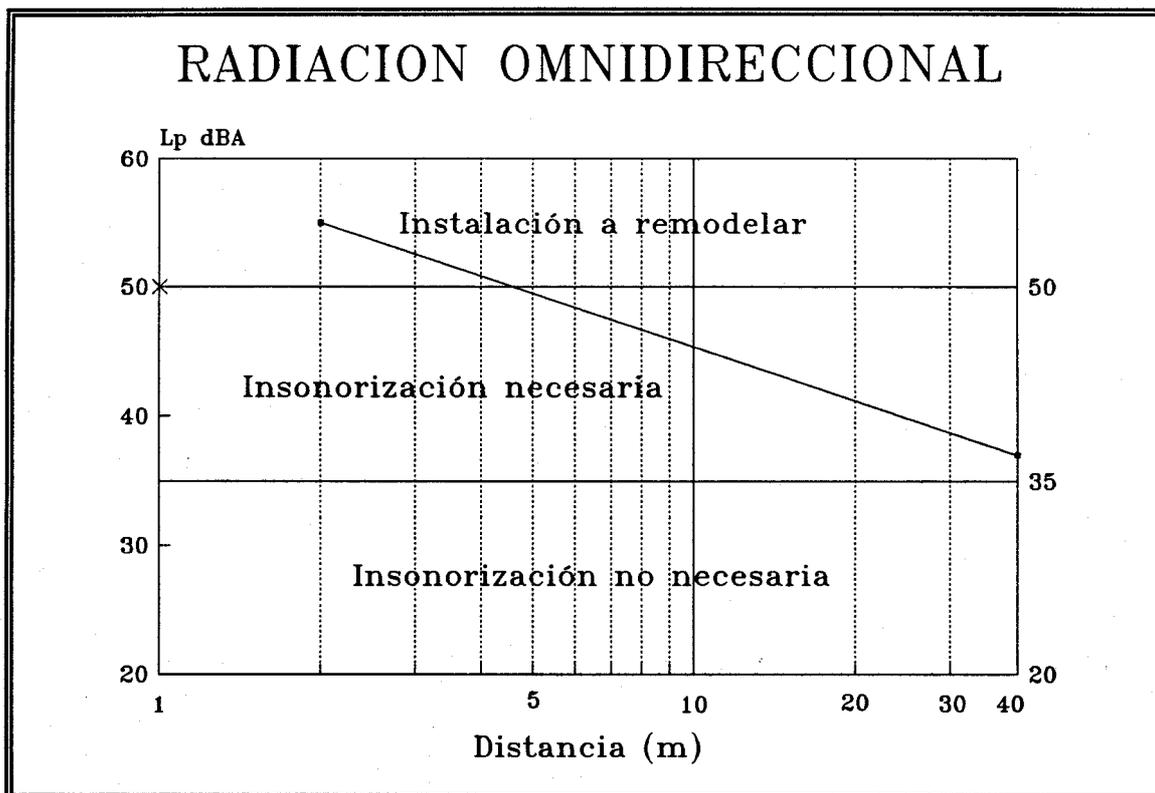
El nivel sonoro máximo previsible generado  $L_p$  se determina mediante los gráficos II y III en función de la distancia de la envolvente al punto donde se mide el nivel de ruido.

Centro de 250 kVA



**Gráfico II**

Centro de 1.000 kVA



**Gráfico III**

### 5.2.1 Ejemplo de aplicación

Sea un centro equipado de un transformador de 1.000 kVA y un inmueble, cuya fachada está a una distancia de 12 m del centro.

El cálculo del nivel sonoro será el siguiente:

Hace falta determinar el parámetro  $L_p$  para una distancia de  $12 - 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$  con la ayuda del ábaco de radiación omnidireccional para 1.000 kVA, con lo que  $L_{p2} = 45 \text{ dBA}$ . Este valor se

sitúa en la zona donde la insonorización es necesaria ya que sobrepasa en 10 dBA el valor mínimo previsto.

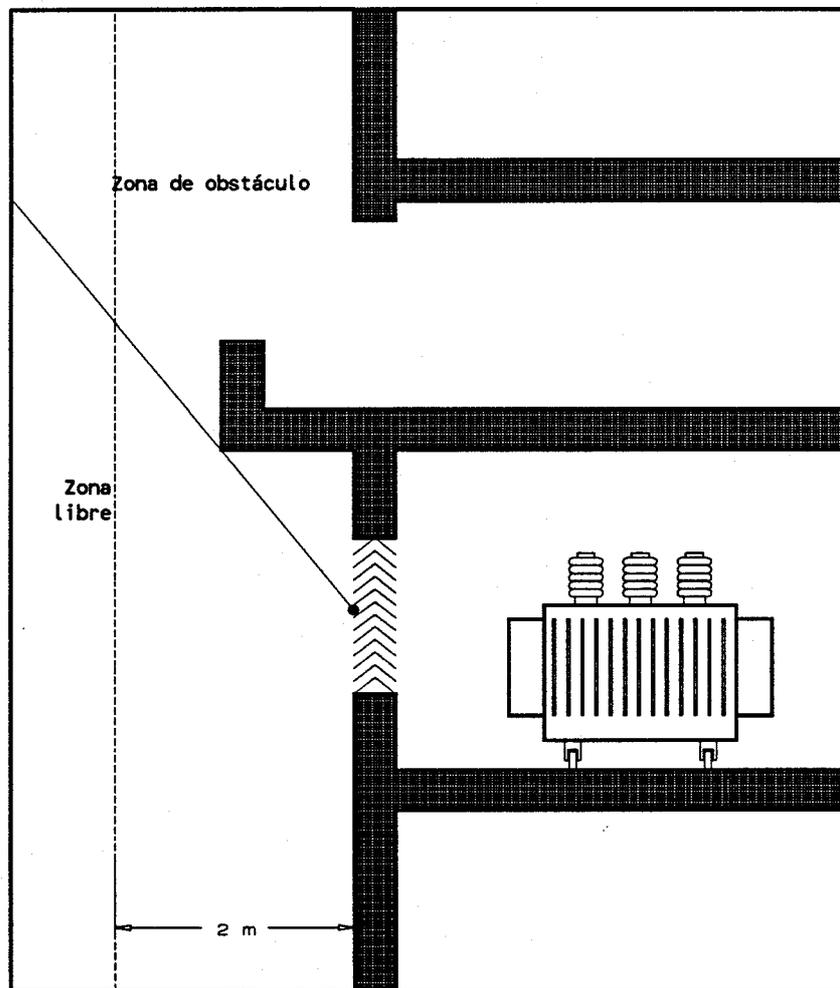
Así pues las distancias mínimas respecto al vecindario de un centro prefabricado es de 50 m para 1.000 kVA y 19 m para 250 kVA.

### 5.3 Centros en inmuebles

Un obstáculo (balcón, cornisa. etc...) situados entre los orificios de ventilación y el punto de medida, aporta una disminución en el nivel acústico de aproximadamente 5 dBA (figura 4).

Así pues el nivel sonoro en la zona libre  $L_{p1}$  estará dado por el ábaco del apartado 4.1, mientras que en la zona de obstáculo, el nivel será  $L_{p1} - 5$  dBA.

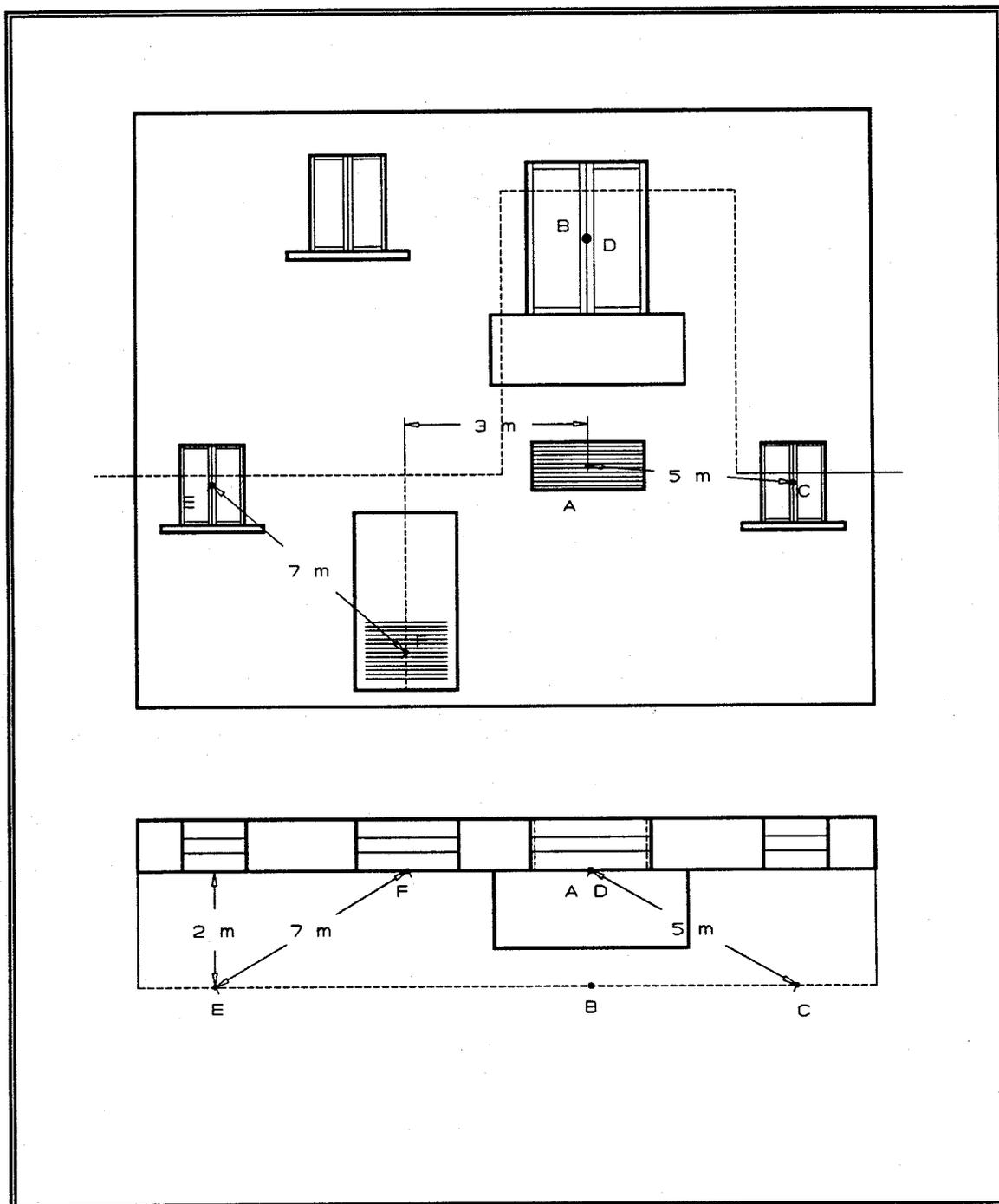
En el caso particular en que dos orificios de ventilación sean vistos desde un mismo punto de observación, se calcula el nivel sonoro para cada uno de los orificios, y se toma el más alto de los dos valores. (Esta aproximación se justifica por la proximidad de los orificios y del punto de observación. Para distancias más importantes, superiores a 10 m, se tomará la suma de las superficies de los orificios para determinar el nivel sonoro).



**Fig. 5**

**5.3.1 Ejemplo de aplicación**

Sea la fachada de un edificio con un centro de transformación equipado con un transformador de 1.000 kVA (Figura 5).



**Fig. 6**

Sobre el Gráfico I se determinan:

Lp en B = 50 dBA, (S = 2 m<sup>2</sup>, d = 2 m).

Lp en C = 44 dBA, (S = 2 m<sup>2</sup>, d = 5 m).

Lp en D = orificio A: Lp = 49 dBA, S = 2 m<sup>2</sup>, d = 2 m.

Orificio F: Lp = 42 dBA, S = 1 m<sup>2</sup>, d = 5 m.

Lp en D = 49 dBA - 5 dBA (zona de obstáculo) = 44 dBA.

Lp en E = orificio A: Lp = 40 dBA, S = 2 m<sup>2</sup>, d = 10 m.

Orificio F: Lp = 39 dBA, S = 1 m<sup>2</sup>, d = 7 m.

Lp en E = 40 dBA.

El nivel sonoro de los puntos C y D es 9 dBA superior al objetivo, mientras que en el punto E el nivel se sobrepasa en 5 dBA.

De lo anterior se deduce que habría que estudiar una solución de al menos 10 dBA.

**6 PRINCIPIOS GENERALES DE INSONORIZACION**

**Tabla III**

| FUENTE DE RUIDO Y / O VIBRACIONES | PROPAGACION | REDUCCION DE LA TRASMISION DE RUIDO Y VIBRACIONES  |  |
|-----------------------------------|-------------|--|--|
|                                   |             | CENTROS EN PROYECTO (1)  | CENTROS EXISTENTES   |
| TRANSFORMADOR                     | AEREA       | <p><b>Muros y techos</b></p> <p>Masa superficial superior a 200 kg/m<sup>2</sup> constituidos por materiales no porosos con juntas cuidadas entre elementos y recubiertas con un enlucido de 15 mm de espesor</p> <p><b>Huecos de ventilación</b></p> <p>Evitar de efectuar la salida de los orificios a menos de 10 m de los inmuebles o sobre un patio al cual se comuniquen las habitaciones de la vivienda</p> <p><b>Puerta</b></p> <p>Prever los bastidores para instalar una puerta con aislamiento acústico</p> <p><b>Centros prefabricados</b></p> <p>Elección de un centro silencioso (2)</p> | <p><b>Elección del transformador (3)</b></p> <p>más silencioso: 15 dBA</p> <p><b>Huecos</b></p> <p>Chicane acústica: 15 dBA</p> <p><b>Puerta</b></p> <p>Cuando es necesaria una insonorización, la puerta puede plantear un problema. Su aislamiento acústico debe reforzarse</p> <p><b>Pantalla (centro prefabricado)</b></p> <p>De altura tal que el centro no irradie de manera directa hacia el vecindario (4)</p> |
|                                   | SOLIDA      | <p>Evitar la colocación bajo un dormitorio</p> <p>Puesta en obra de soportes antivibratorios bajo los apoyos</p> <p>Suelo de frecuencia propia &lt; 10 Hz</p> <p>Separación de paramentos mediante juntas</p>  | <p>Soportes antivibratorios</p>  |
| CUADRO B.T.                       | SOLIDA      | <p>Aislamiento del suelo y paramentos por medio de soportes antivibratorios</p>  | <p>Idem</p>  |
| CABLES MT Y BT                    | SOLIDA      | <p>Aislados de las paredes y techos por medio de soportes antivibratorios y conexiones al transformador flexibles</p>  | <p>Idem</p>  |

(1) Estas precauciones que permiten minimizar los riesgos, evitar modificaciones posteriores, difíciles de poner en obra y siempre costosas.

(2) No se trata de una fabricación especial, sino de una elección de entre los centros en función de las medidas realizadas en la calificación de los mismos.

(3) Se trata de la elección de un aparato más silencioso, de fabricación especial, permitiendo así una reducción de por lo menos 15 dBA.

(4) Solución difícil de poner en obra, solamente utilizable cuando la distancia mínima no pueda ser respetada y cuando las soluciones (2) y (3) no sean suficientes.

Se puede sumar la elección de un transformador más silencioso a alguna de las otras soluciones propuestas.

El tratamiento interior absorbente de las envolventes es poco eficaz.

### 6.1 Soportes antivibratorios

Estos soportes evitan la propagación de las vibraciones creando una separación.

Los parámetros determinantes son los siguientes:

- Frecuencia propia  $f_0$ : La eficacia de un aislamiento es tanto más grande cuanto menor sea la frecuencia propia, lo que implica una deformación importante.

- Adaptación a la carga soportada: La carga soportada por un dispositivo debe estar correctamente repartida sobre la totalidad del apoyo (1) y debe ser compatible con sus características (carga admisible); para garantizar una deformación suficiente.

En el caso de un transformador, la carga por apoyo se obtiene dividiendo por 4 la masa del aparato.

(1) Puede ser necesaria una chapa.

Hay que hacer mención especial a estos parámetros en el momento de la elección de los soportes, ya que debido a la variedad de estos productos, hay que asegurarse por el fabricante

que estos parámetros son los convenientes.

#### Ejemplo de aplicación:

Sea un transformador de masa 1.500 kg que se desea colocar sobre soportes antivibratorios.

Habría que tener en cuenta la frecuencia propia  $f_0 < 10$  Hz y las cargas que deberá soportar:  $1.500/4 = 375$  daN.

Así pues con estos datos encontraremos en los catálogos los soportes deseados.

### 6.2 Aislamiento por juntas

Para evitar la propagación de las vibraciones del transformador, del cuadro de baja tensión y de los cables a los inmuebles colindantes, el centro deberá independizarse del edificio por medio de aislamientos verticales.

El objetivo de un aislamiento por junta es el de separar físicamente el centro de transformación del vecindario próximo. Esto se consigue mediante la interposición de un material aislante entre los paramentos.

La calidad de la ejecución es muy importante en la eficacia de un aislamiento. También hay que asegurarse que no se creará ningún acople accidental (caída de cuerpos extraños, perforaciones, etc.) en el espacio correspondiente al aislamiento físico.

Como ejemplo podemos ver la constitución del aislamiento de la figura 6.

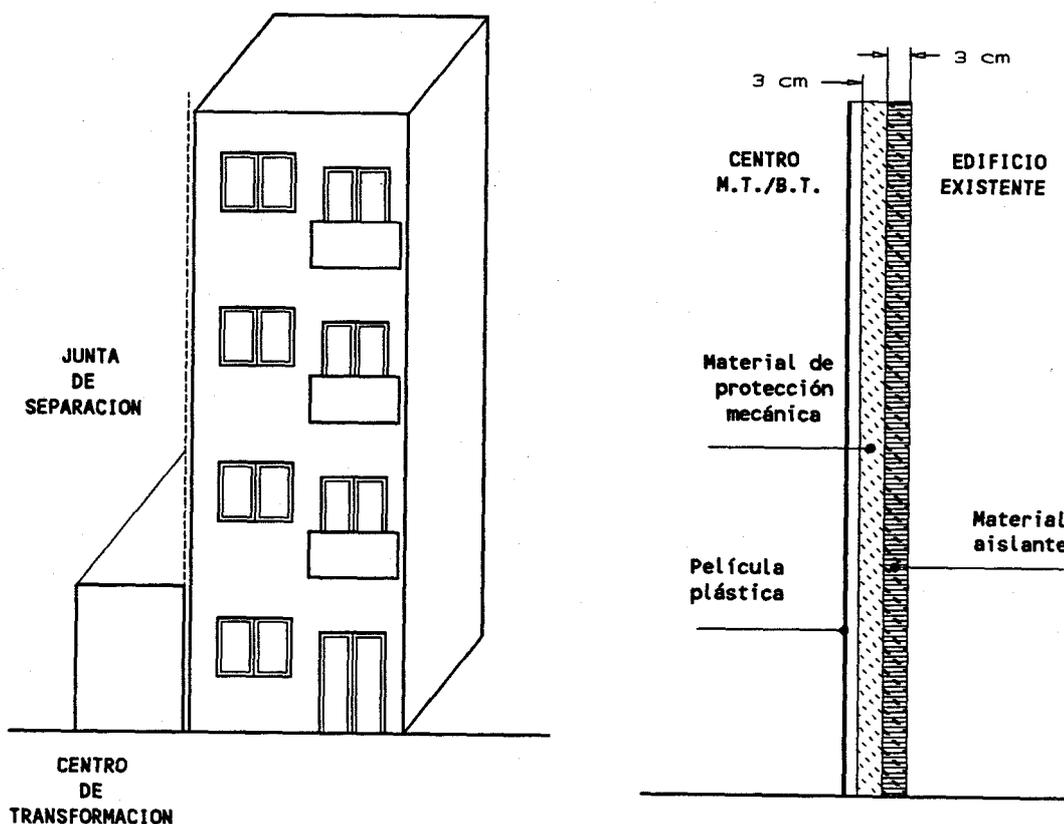
Dicho aislamiento estará constituido por placas de material aislante de 3 cm de espesor, una protección mecánica destinada de una parte a asegurar una estanqueidad, presionando sobre las juntas de las placas aislantes, y por otra a evitar la penetración de objetos.

Finalmente una película plástica o de betún para asegurar que después del relleno de hormigón, la lechada no se inserte en las juntas.

El material aislante se colocará sobre el muro existente. Habrá que asegurarse del buen estado de la superficie para evitar la perforación de las placas.

En la parte inferior, se tomarán precauciones para evitar todo contacto entre los paramentos.

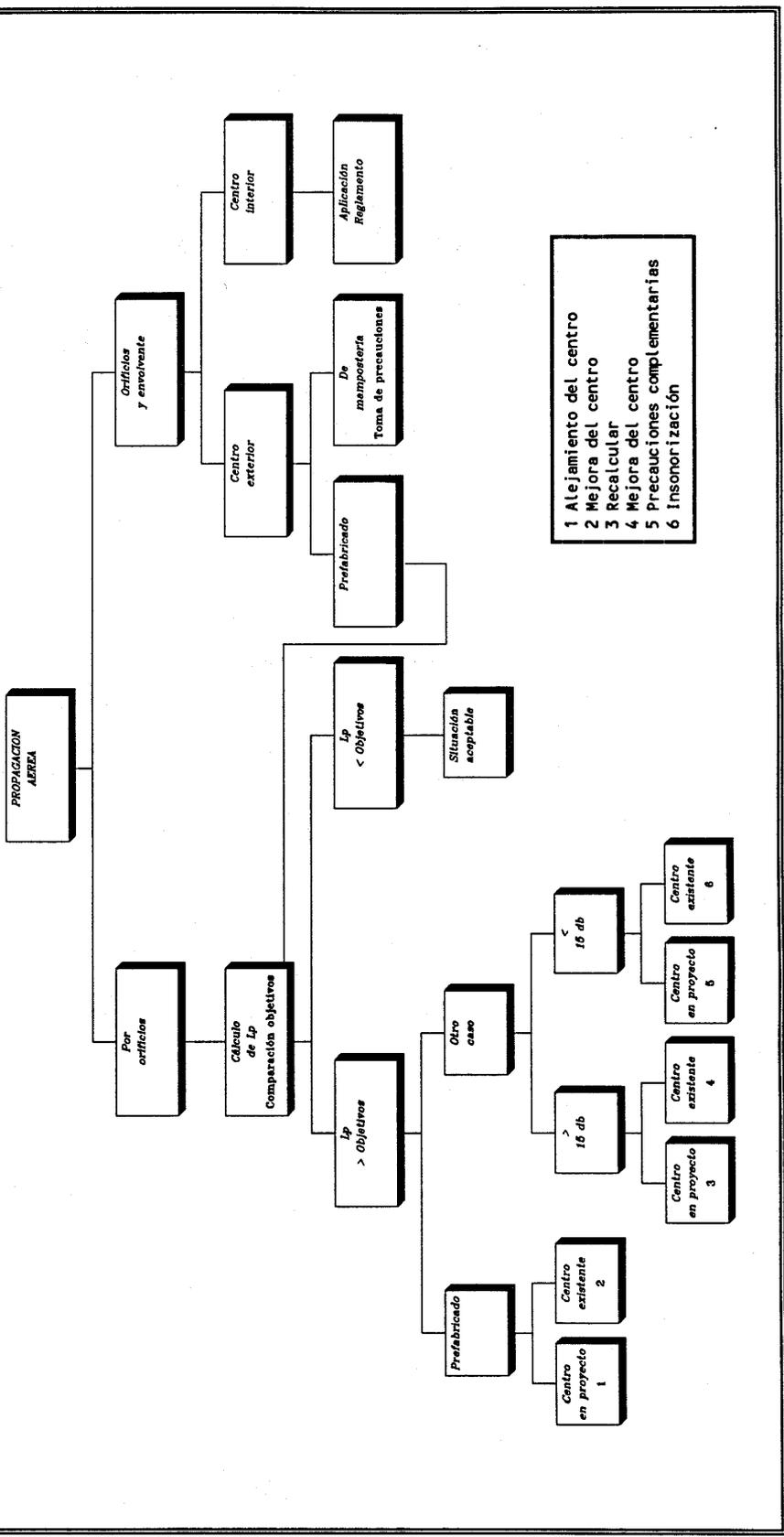
**SEPARACION POR JUNTA**



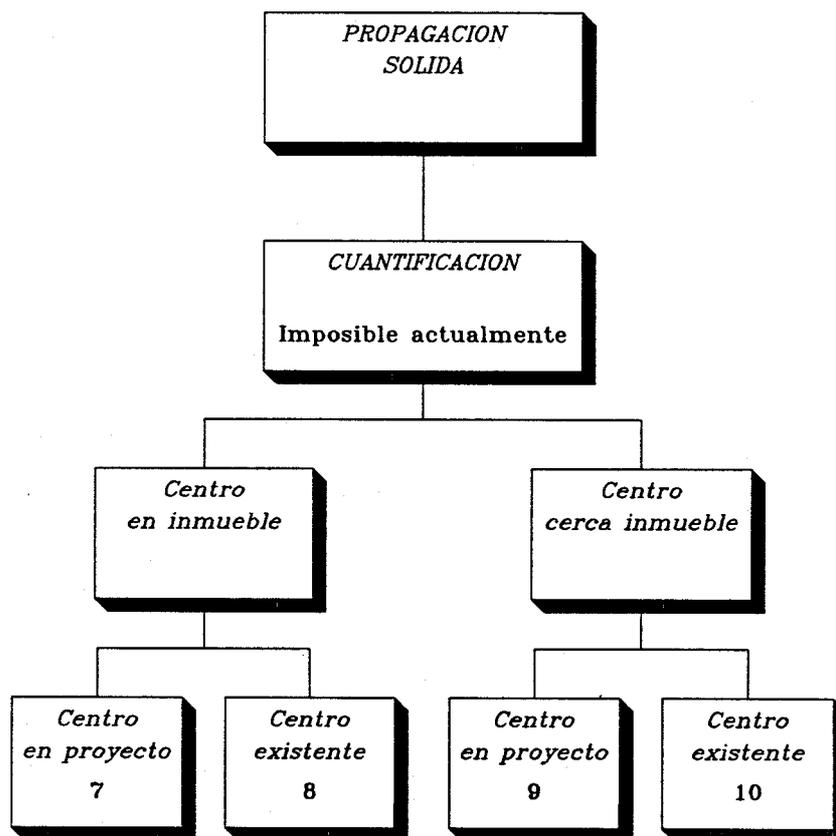
**Fig. 7**

**DIAGRAMA GENERAL DE ANALISIS  
DE LOS PROBLEMAS DE ACUSTICA**

**DIAGRAMA GENERAL DE ANALISIS**



## DIAGRAMA GENERAL DE ANALISIS



7 Cálculo de medidas antivibratorias  
8 Colocación de soportes antivibratorios  
9 Cálculo de juntas de aislamiento  
10 Colocación de soportes antivibratorios