

## Ruido producido por grandes transformadores y autotransformadores en las subestaciones transformadoras de energía eléctrica

J.J. M. REQUENA.  
Dr. Ciencias Físicas

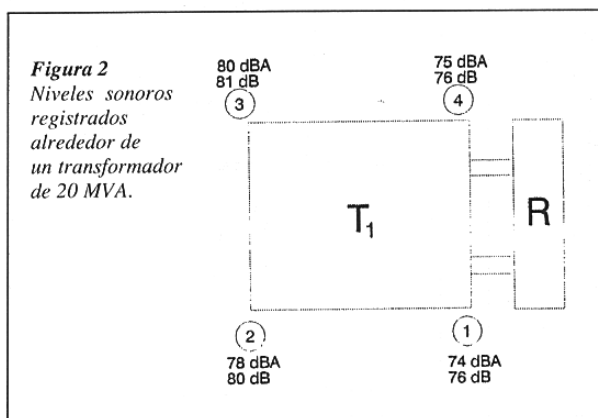
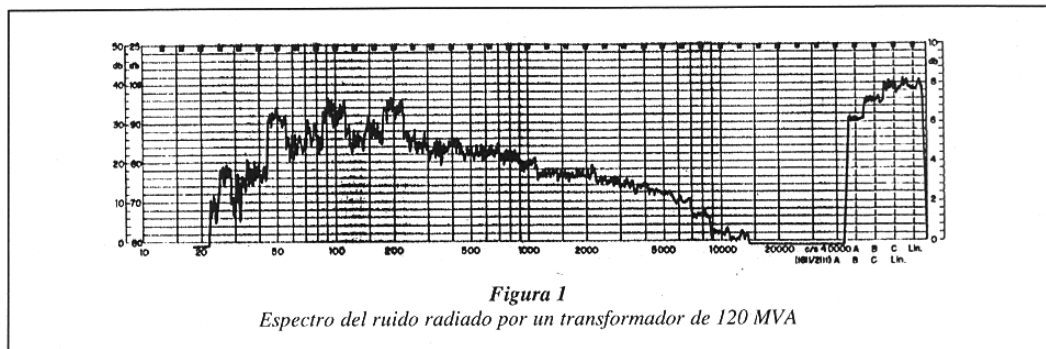
SERVICIO DE MEDIO AMBIENTE IBERDROLA S.A.

### 1.- INTRODUCCION

En los transformadores y autotransformadores de potencia el ruido producido por ellos es debido al efecto magnetostrictivo de las chapas del núcleo que produce alargamientos en el sentido del campo magnético longitudinal al mismo al mismo tiempo que se producen contracciones en el sentido transversal.

Las deformaciones magnetostrictivas de las chapas magnéticas constituyen vibraciones mecánicas del núcleo del transformador vibraciones que son radiadas al aire en forma de ondas acústicas a través del dieléctrico (aceite,etc..) y la cuba.

El ruido radiado con su típico zumbido, tiene en su espectro un máximo a los 100 Hz y se mantiene en los primeros armónicos hasta 500 Hz a partir de esta frecuencia los niveles sonoros disminuyen marcadamente (Figura 1).



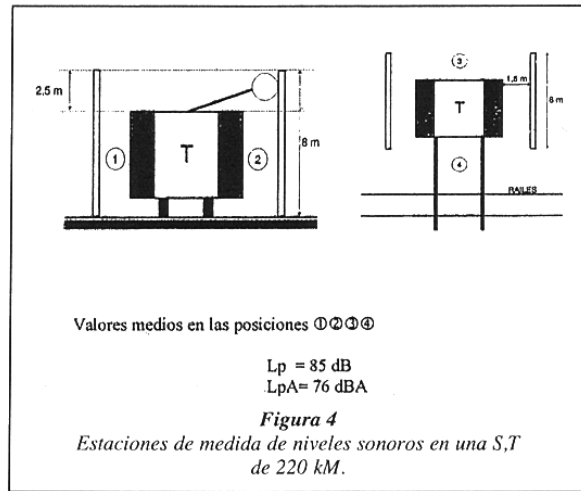
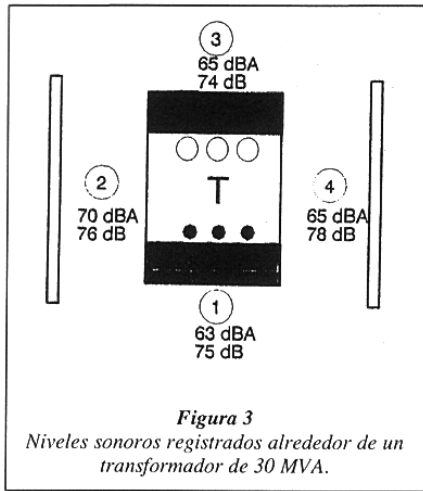
### 2.- NIVELES SONOROS REGISTRADOS.

#### 2.1.- Transformador de 20 MVA (132 kV).

En la figura 2, se incluyen las medidas de los niveles sonoros (en dBA y lineal) realizadas en las estaciones de medida 1,2,3 y 4.

#### 2.2.- Transformadores de 30 MVA (220 kV-66 kV).

Valores sonoros registrados en las estaciones 1,2,3, y 4 en dBA y lineal sobre un transformador de 30 MVA (figura 3).



**2.3.- Transformadores de 80 MVA (220kV-132kV-11kV)**

Los valores medios registrados en las estaciones de medida 1,2,3 y 4 alrededor de un transformador de 80 MVA se recogen en la figura 4.

**2.4.- Autotransformador de 375 MVA (400kV-220kV) (Figura 5).**

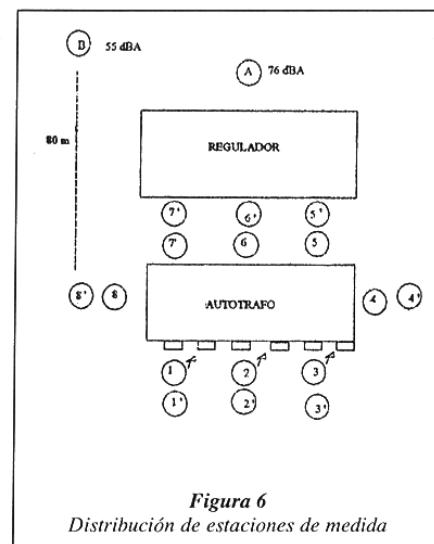
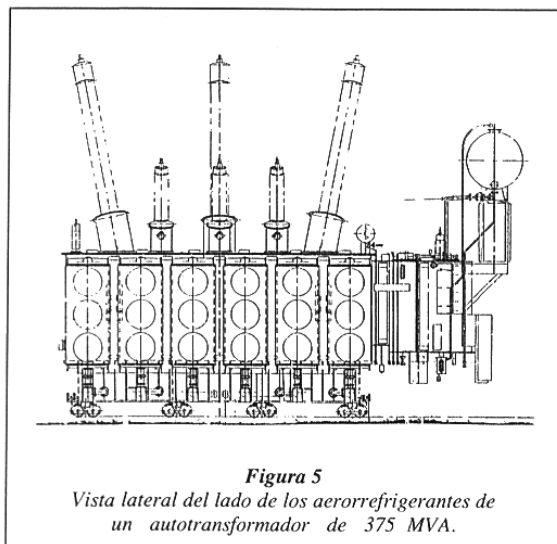
Las medidas realizadas alrededor del autotransformador de 375 MVA con y sin refrigeración y en las estaciones de medida A y B se recogen en las tablas I Y II. La distribución de estaciones de medida se encuentran en la Figura 6.

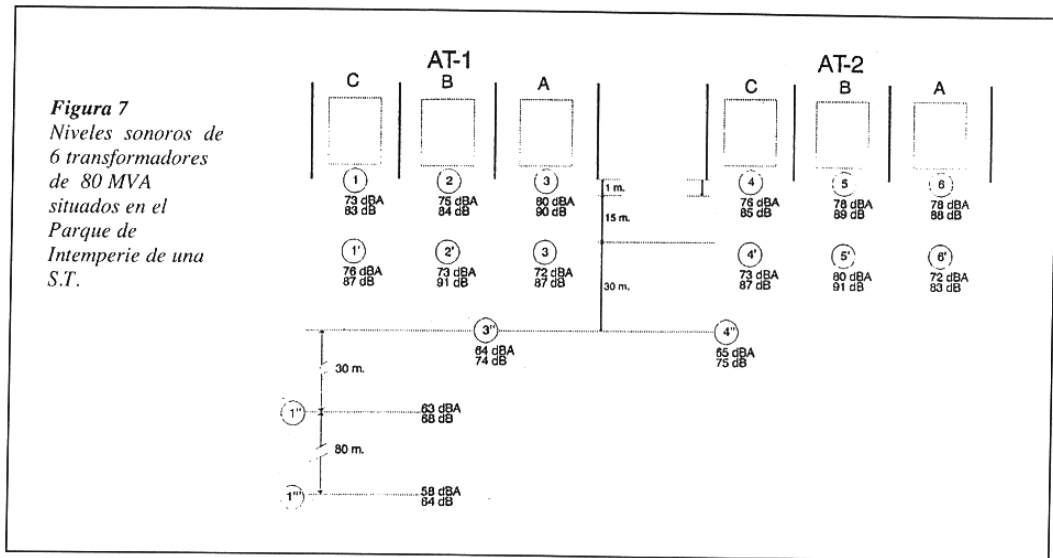
**Tabla 1. Niveles sonoros con y sin refrigeración**

Niveles sonoros Estación	a 0,3m sin refrigeración	Estación	Niveles sonoros a 2m con refrigeración
1	78,5 dBA	1'	82,4 dBA
2	76,2 dBA	2'	80,9 dBA
3	76,1 dBA	3'	80,7 dBA
4	79,9 dBA	4'	75,6 dBA
5	79,9 dBA	5'	72,0 dBA
6	78,2 dBA	6'	74,8 dBA
7	81,0 dBA	7'	77,0 dBA
8	82,0 dBA	8'	77,4 dBA

**Tabla 2 Espectros de estaciones de medida A y B**

Espectro en E.M.A.	Espectros en E.M.B
100 Hz -----61.7 dBA	100 Hz -----46.5 dBA
200 Hz -----69.5 dBA	200 Hz -----52.5 dBA
315 Hz -----70.8 dBA	315 Hz -----47.4 dBA
400 Hz -----71.0 dBA	400 Hz -----44.2 dBA
500 Hz -----71.6 dBA	500 Hz -----45.2 dBA
1000 Hz -----71.3 dBA	1000 Hz -----45.6 dBA
2000 Hz -----67.9 dBA	2000 Hz -----41.4 dBA
4000 Hz -----60.0 dBA	4000 Hz -----39.3 dBA
6300 Hz -----55.4 dBA	6300 Hz -----35.9 dBA





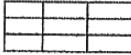
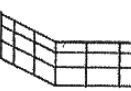


### 2.5.- Subestación Transformadora. Niveles de Ruido.

Las medidas puntuales globales de niveles sonoros en dBA y dB lineales en las proximidades de los seis autotransformadores de 80 MVA se indican en la figura 7.

### 3.- CONTROL DE RUIDO RADIADO POR GRANDES TRANSFORMADORES

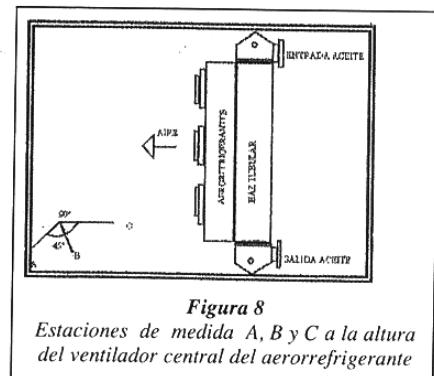
Se utilizan barreras y apantallamientos o cerramientos. En el cálculo de las pantallas acústicas debe tenerse en cuenta la teoría de Maekawa sobre el cálculo y diseño de pantallas.

En el control de ruido radiado pueden utilizarse:

- Pantallas longitudinales. 
- Pantallas semiexagonales. 
- Pantallas rectangulares. 
- Recintos cerrados. 

### 4.- AERORREFRIGERANTES

Mantienen refrigeración, enfriando el dieléctrico (aceite, etc.) en el que se sumerge la parte activa del transformador. El aerorrefrigerante aspira el dieléctrico de la parte superior del transformador por medio de una motobomba, discurriendo el dieléctrico de arriba a abajo por el interior de los tubos, extrayéndose el calor despedido por el dieléctrico, por el aire de aspiración de los motoventiladores a través de los tubos aleteados; el dieléctrico se introduce en la cuba de nuevo por la parte inferior (figura 8).



**Figura 8**  
Estaciones de medida A, B y C a la altura del ventilador central del aerorrefrigerante

El espectro del nivel sonoro de un aerorrefrigerante se refleja en la tabla III.

Medidas en A		Medidas en B		Medidas en C	
100 Hz	64 dBA	100 Hz	64 dBA	100 Hz	64 dBA
200 Hz	71 dBA	200 Hz	70 dBA	200 Hz	70 dBA
400 Hz	73 dBA	400 Hz	74 dBA	400 Hz	70 dBA
800 Hz	74 dBA	800 Hz	74 dBA	800 Hz	71 dBA
2000 Hz	71 dBA	2000 Hz	68 dBA	2000 Hz	64 dBA
4000 Hz	64 dBA	4000 Hz	62 dBA	4000 Hz	55 dBA
8000 Hz	55 dBA	8000 Hz	53 dBA	8000 Hz	46 dBA

Tabla III.- Espectro del nivel sonoro de un aerorrefrigerante (Sonómetro con esfera protectora del viento).

### 5.- NIVELES DE RUIDO DE TRANSFORMADORES EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

Los niveles de ruido de grandes transformadores en función de la distancia pueden calcularse por medio de la Tabla IV, donde se especifica si se está en zona de pantallas, en zona de cerramientos o en zona de cerramientos especiales.

Potencia (1) (2) Distancia	5 MVA 63 kV	10 MVA 63 kV	20 MVA 63 kV	30 MVA 63 kV	40 MVA 63 kV	40 MVA 150 kV	50 MVA 150 kV	40 MVA 220 kV	60 MVA 220 kV	70 MVA 220 kV	90 MVA 220 kV	100 MVA 220 kV	120 MVA 220 kV	150 MVA 220 kV	200 MVA 220 kV	250 MVA 220 kV
1.500																39
1.000																39
800																39
600																39
500																39
400																39
300																39
200																39
150																39
100																39
80																39
60																39
50																39
40																39
30																39
20																39
15																39
10																39
dB(A) 56.5 m²	59	63	67	70	74	77	79	80	83	84	85	86	87	88	88	90

*Zona de pantallas*  
*Zona de Cerramientos*  
*Zona de cerramientos especiales*

(1) Potencia equivalente a 2 arrollamientos.

(2) Distancia en metros.

Tabla IV.- Niveles de ruido de Transformadores en función de la distancia.