

# La insonorización en la industria

EL objeto fundamental de estas breves líneas es llevar al ánimo de los lectores interesados en el control de ruido en las industrias que éste es posible.

Veremos cómo no existen imposibles (en muchos casos me atrevería a decir que ni siquiera dificultades) ni de orden técnico ni económico.

Estudiemos, en primer lugar, bajo el punto de vista técnico, la problemática del control de ruido

## Consideraciones generales

D JAVIER LOSCOS VALERIO

*Departamento de acústica de Wanner Española, S. A*

Básicamente el control de ruido está apoyado sobre los tres siguientes pilares esenciales:

— Planificación en la distribución de máquinas en fábricas de nueva implantación.

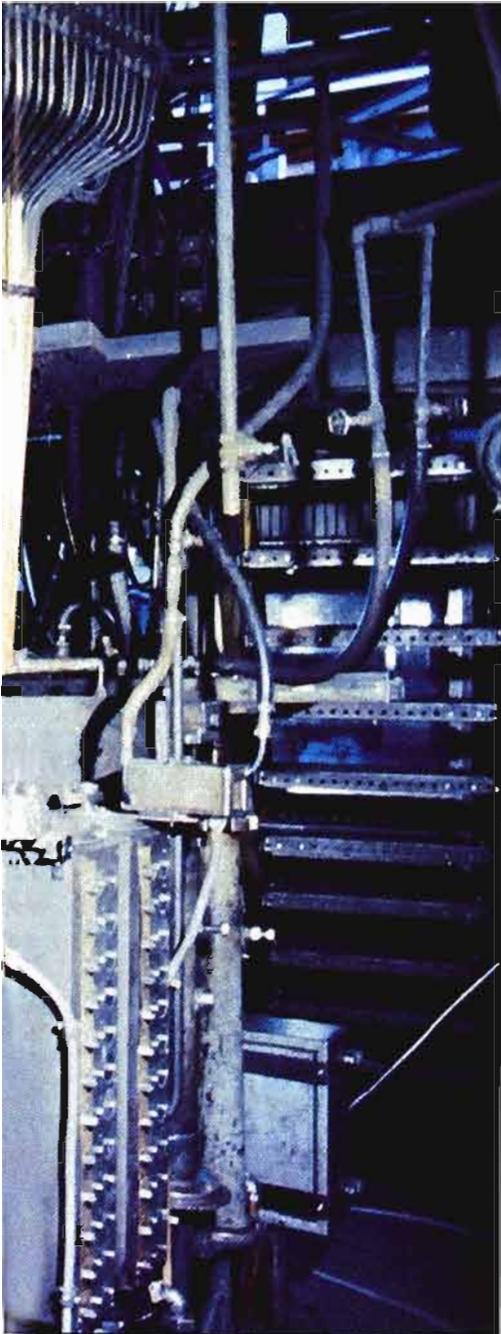
— Adecuado estudio de las máquinas en su adquisición.

— Medidas de control una vez surgido el problema.

Los dos primeros puntos corresponden a acciones de estudio y decisiones puramente económicas y el tercero corresponde a trabajos de insonorización directos.

## Planificación de nuevas Industrias

Este punto es un tema particular de cada industria y objeto de un es-



*Detalle de una prensa (izquierda), terminación exterior del recinto insonorizado (abajo), solución dada a un problema real que quedó hecho en Vindrietas Castilla.*



*Si una máquina nueva produce un ruido anormal, si la analizamos con profundidad, llegaremos a la conclusión de que no está bien concebida, por fallo de algún órgano, desequilibrios, exceso de movimientos alternativos, debilidad en soportes o carcasas, etcétera.*

tudio amplio, por lo que pensamos que no es útil para lectores habituales.

### **Adecuado estudio de las máquinas en su adquisición**

A la adquisición de una máquina nueva se ha de realizar el estudio bajo el punto de vista sonoro.

Como primera premisa, partamos de la base que la energía acústica radiada por una máquina al ambiente es un subproducto más de la degradación de la energía, en el

proceso energía aportada-trabajo obtenido.

De los estudios realizados se comprueba que en máquinas con movimientos de rotación uniforme la energía mecánica degradada y transformada en ruido es de  $Ex10^{-6}$  y en máquinas con movimientos alternativos o de vaivén la proporción es de  $Ex10^{-6}$ .

Si una máquina nueva produce un ruido anormal, si la analizamos con profundidad, llegaremos a la conclusión de que no está bien concebida, por fallo en algún órgano, desequilibrios en la misma, exceso

de movimientos alternativos ( $Ex10^{-6}$ ), debilidad en soportes o carcasas y cualquiera de estas causas redundará en una menor duración.

Para aclararlo más todavía, los ruidos son una característica de un proceso que se realiza bajo tensión o violencia y ambas causas son razón de un mayor desgaste.

Podemos, en consecuencia, decir que dos máquinas con un mismo fin es mejor la de menor nivel sonoro.

En la adquisición de máquinas deberemos considerar lo siguiente:

- Máquinas con movimientos lo

más uniforme posibles, lo que lleva implícito:

- Masas equilibradas.
- Evitar al máximo puntos de fuerza.

• Disminuir al máximo posible los movimientos alternativos.

• En todos los movimientos se debe exigir alta calidad en los acabados de las superficies deslizantes, utilizando los perfiles más favorables.

Con todo esto se pretende señalar que cuando se compra una máquina su silencio es sinónimo de calidad en la construcción y de buen proyecto.

Como conclusión, diremos que dos máquinas en igualdad de condiciones de producción, consumo y otras características ya sopesadas por el industrial, su característica de ruido será decisiva en la elección.

### **Medidas de control de ruido, una vez surgido el problema**

Estas medidas son las más habituales en industrias ya instaladas, y a ello vamos a dedicar el mayor esfuerzo que el espacio nos permita.

La labor más importante a desarrollar en este caso es la planificación de los trabajos a realizar.

En primer lugar será necesario efectuar la toma de niveles sonoros en la nave o recinto objeto de estudio. Si los focos sonoros fuesen pocos y claros, la medición sonora puede hacerse directamente sobre ellos. Si, por el contrario, son variados será necesario efectuar el mapa sonoro de la nave.

Todas estas mediciones, en esta primera fase, tendrán por objeto determinar los focos sonoros que son los máximos responsables de que el clima sonoro ambiental esté por encima de los límites admitidos por la legislación.

Claramente debemos decir que esta primera fase, tras la toma de niveles sonoros y en su caso ejecución del mapa acústico, debe quedar claro que focos sonoros se deben aislar y cuál será el clima sonoro residual una vez tratados éstos.

De lo anteriormente dicho se desprende que el clima sonoro ambiental del recinto va a depender de los siguientes factores fundamentalmente:

- Del nivel sonoro emitido por los focos.

- Del número de ellos.
- De la geometría del recinto.
- Del acabado superficial que presentan las superficies del recinto.

No es objeto, en estas breves líneas, establecer las relaciones físicas que ligan a todos estos factores sino, antes bien, clarificar las ideas sobre esta problemática, y es por ello que huyamos de toda formulación matemática.

Una vez que se disponga de toda esta información, ya es necesario elegir un camino de insonorización. Este debe ser el siguiente (normalmente), eligiendo un criterio económico que, en definitiva, debe ser el que prime en la acción.

— Observar el origen del foco en la propia máquina.

— Estudio de la máquina como unidad de producción, su entorno y relaciones.

— Estudio del recinto o nave que alberga a la industria.

— Estudio de otras ventajas distintas a las intrínsecamente buscadas por la insonorización y que puedan obtenerse mediante ésta.

### **Observar el origen del foco sonoro en la propia máquina**

Sin duda alguna será al proceso de insonorización más económico si logramos detectar que el ruido está generado como consecuencia de un desajuste en uno o varios órganos y que es posible su arreglo o sustitución mediante una labor pura de mantenimiento. En todos los casos esta posibilidad debe agotarse hasta el límite posible.

### **Estudio de la máquina como una unidad de producción, su entorno y relaciones**

En esta segunda fase del estudio se tratará de conseguir la insonorización, mediante el encapsulado de las máquinas.

Este encapsulado será tanto más efectivo y económico cuanto más próximo esté al foco sonoro.

Es interesante que aclaremos aquí conceptos que son fundamentales y que en muchos casos son origen de errores importantes.

Mediante los encapsulados, lo que tratamos es conseguir un aislamien-

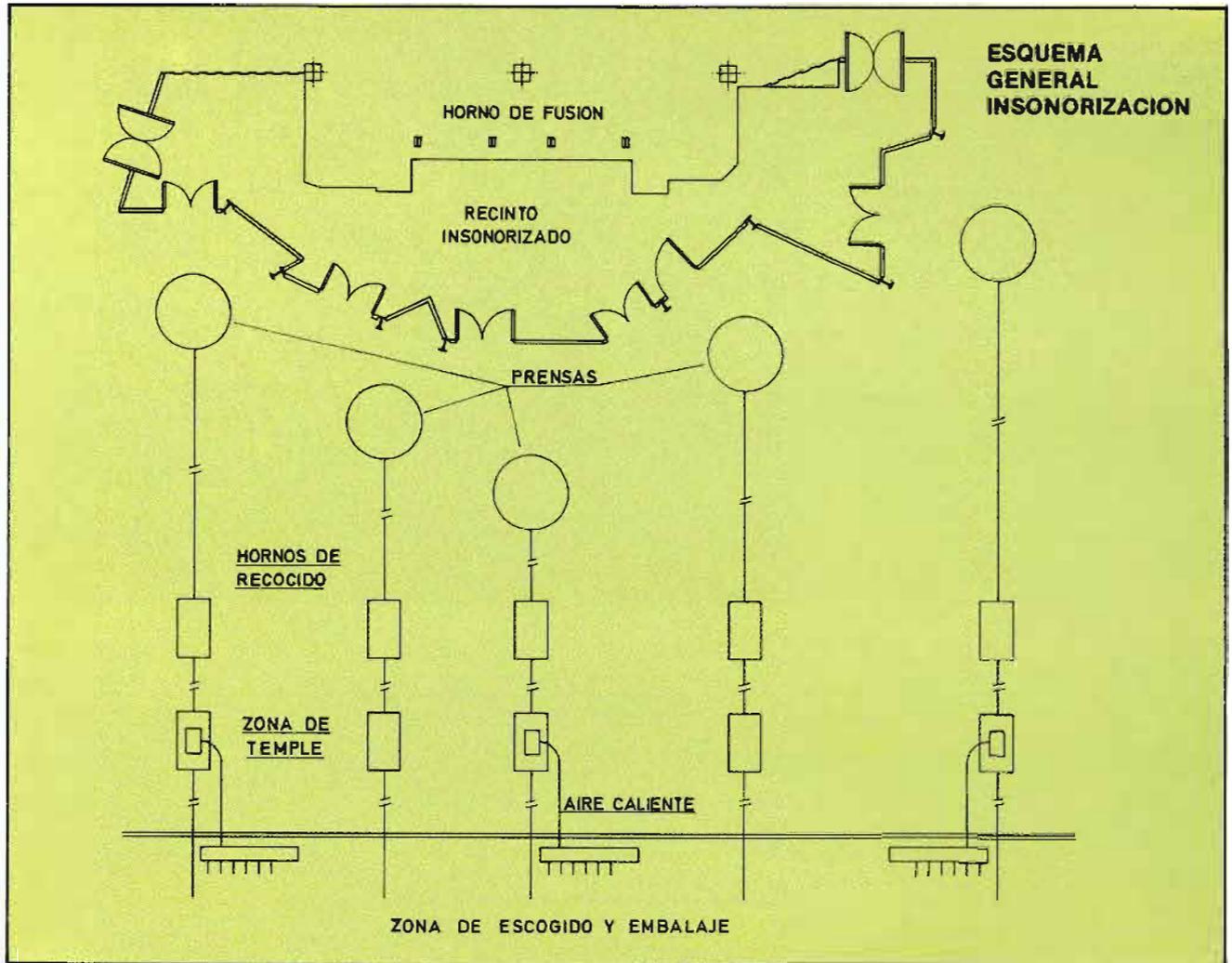
*El clima sonoro ambiental del recinto va a depender, fundamentalmente, de los siguientes factores:*

- *Del nivel sonoro emitido por los focos.*
- *Del número de ellos.*
- *De la geometría del recinto.*
- *Del acabado superficial que presentan las superficies del recinto.*

to, es decir, tratamos de amortiguar la propagación del sonido instalando paredes reflectantes del mismo.

Como se pretende obtener factores de reflexión elevados, será necesario utilizar para el caso de transmisión en el aire un elemento cuya resistencia de onda sea lo más diferente a la del medio que lo conduce, es decir, paredes duras y pesadas (sujeto a muchos factores propios de la técnica de esta materia).

En contraposición a los materiales aislantes, tenemos los materiales absorbentes, en los que la transmisión del sonido está sometida a amortiguación como consecuencia de la transformación de la energía acústica en energía calorífica. En los materiales absorbentes porosos (los más comúnmente utilizados son los correspondientes a las fibras, minerales o vegetales), esta transformación de energía se produce por frotamiento entre el esqueleto del absorbente y las partículas en



movimiento del aire que conduce al sonido.

Vemos, pues, que en este caso la resistencia de entrada debe ser lo más baja posible para que la onda pueda penetrar en la sustancia absorbente sin reflexión considerable.

En los encapsulados se suelen utilizar ambos materiales reflectantes y absorbentes conjuntamente, los primeros para amortiguar la transmisión y los segundos para conseguir que el nivel sonoro en el interior del cerramiento no se vea incrementado seriamente como consecuencia de las reflexiones generadas por los primeros.

Queda, por tanto, aclarado que ambos tipos de materiales no son sustitutivos, sino complementarios, y esto es causa de errores comúnmente.

Lógicamente, para establecer el proyecto de los encapsulados habrá que estar en contacto, tanto con los ingenieros de producción como los de mantenimiento, puesto que los

parámetros funcionales de la máquina y los de su entorno o cadena, en su caso, deben permanecer inalterados.

### Estudio del recinto o nave que alberga a la industria

Cuando las dos posibilidades anteriores se han agotado pueden suceder dos cosas, que el problema quede resuelto o bien que por imposibilidad técnica en la ejecución de los encapsulados para el total de los focos que se presentan, por dificultades ajenas a la propia tecnología de insonorización, el clima sonoro ambiental esté por encima del exigido por la legislación, pudiéndose recurrir finalmente a cubrir las superficies límites del recinto, total o parcialmente, con materiales absorbentes.

La utilización de esta tecnología presenta las siguientes limitaciones:

— La reducción sonora esperada será baja en comparación con la es-

perada con la utilización de los aparatos anteriores.

El costo esperado será elevado por el número de metros cuadrados a cubrir, que normalmente es importante.

Este tratamiento aportará soluciones de reducciones sonoras importantes por sí solo cuando el recinto presente problemas de geometría, tales que la energía se concentre en zonas concretas como consecuencia de acoplamiento de ondas importantes.

### EJEMPLO PRACTICO

Como ejemplo práctico de insonorización, y una vez citados los conceptos anteriores, vamos a exponer el siguiente caso.

El estudio que les presentamos corresponde a la solución de un problema real que quedó resuelto en Vidrieras de Castilla (VICASA).

El problema general queda representado en el siguiente esquema:

En esta zona de la fábrica es donde se produce el duralex, esta nave queda dividida en cinco fases de fabricación, ordenadas de principio a fin de nave, como se ve en el esquema:

- 1.º Hornos de fusión de vidrio.
- 2.º Zona de prensas, donde realmente se conforma el artículo.
- 3.º Horno de recocido.
- 4.º Zona de temple.
- 5.º Sección de escogido y embalado.

Siguiendo el esquema de principios establecido anteriormente, primeramente se efectuó el mapa acústico de la nave, encontrando que los focos sonoros principales eran los siguientes:

- Zona de prensas.
- Zona de temple.

Los niveles sonoros en cada uno de estos focos, respectivamente, eran los siguientes, medidos a dos metros del equipo y 1,5 metros del suelo:

#### ZONA DE PENSAS:

Escala A: dB. (A) = 107.

Análisis de frecuencias:

Hz	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
dB	85	88	89	91	93	104	101	95

#### ZONA DE TEMPLE:

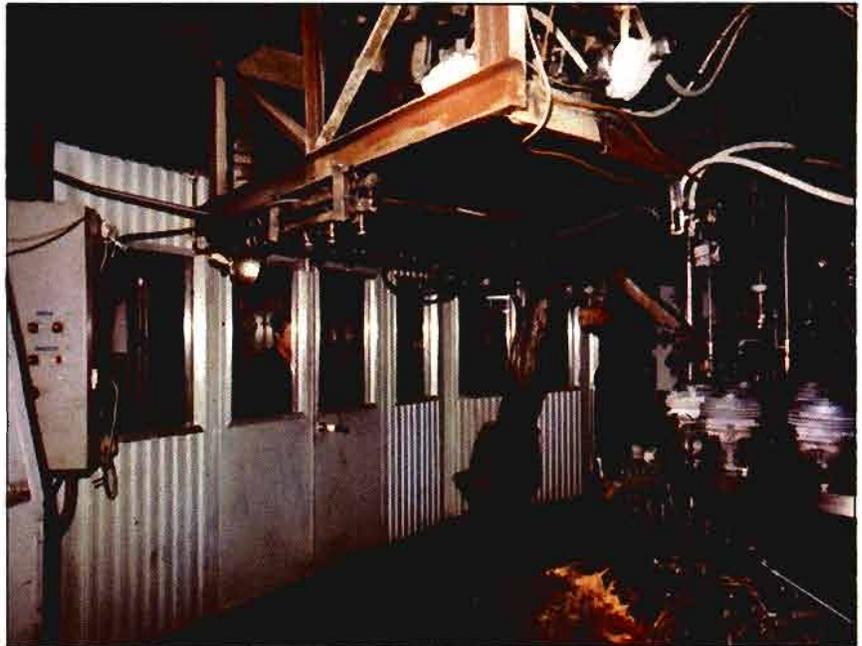
Escala A: dB. (A) = 104.

Análisis de frecuencias:

Hz	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
dB	92	90	80	87	94	101	98	94

Analizados ambos focos sonoros se observó que el primero estaba generado como consecuencia del enfriamiento mediante aire comprimido y aire de ventilación (dos atmósferas), que se efectúa sobre los artículos de vidrio.

En conversaciones mantenidas con los ingenieros de producción nos hicieron ver la imposibilidad de actuar sobre el foco sonoro, ya que no era permitido actuar sobre ninguno de los parámetros que directamente eran los productores de ruido, fundamentalmente presión del aire y distancia de la boquilla al artículo.



El encapsulado de la máquina tampoco era posible o al menos muy difícilmente ejecutable, en primer lugar por lo complicado de la máquina y su entorno y en segundo lugar por el número elevado de toneladas de vidrio fundido que la máquina procesa, con lo cual las renovaciones de aire que habría que establecer para mantener las temperaturas dentro de los límites admitidos hubiera sido muy elevado.

El segundo foco sonoro (zona de temple) está creado como consecuencia de que en esta máquina se produce un enfriamiento brusco al vidrio, lo que se efectúa lanzando aire con una presión y velocidad elevada a través de unas rejillas longitudinales con pequeña altura (10-15 mm.). Tampoco en esta ocasión fue posible actuar sobre el foco sonoro, puesto que no se podían variar las condiciones del temple.

Se comprobó que el encapsulado de esta zona si es posible.

El tercer factor que se consideró fue la distribución de los trabajadores en la nave, observando que, fundamentalmente, estaban distribuidos en dos núcleos importantes.

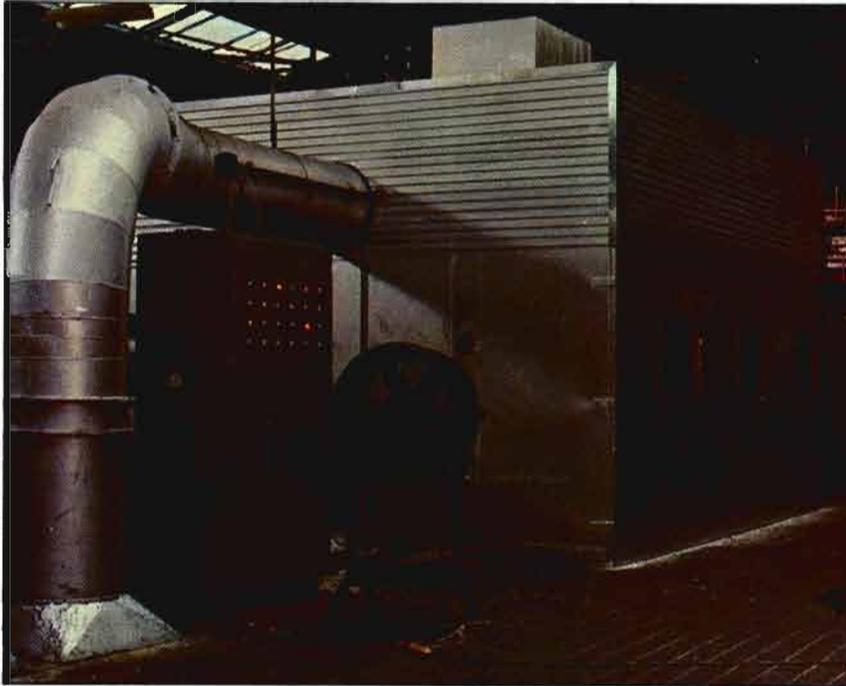
En la zona de prensas: 24 personas.

En la zona de temple tan sólo, y de manera discontinua, hay cuatro personas dedicadas a labores de limpieza.

En la zona de escogido y embalaje: 42 personas.

*Al recinto insonorizado de prensas se le exigían las siguientes condiciones:*

- a) *Los automatismos de la prensa deberían estar en el interior del recinto.*
- b) *La visión sobre las prensas debería ser total.*
- c) *Deberían instalarse un número elevado de puertas que permitieran el acceso rápido.*
- d) *El recinto debería ser totalmente desmontable para permitir las grandes reparaciones.*
- e) *Establecer unas adecuadas condiciones de ventilación.*



Por otra parte, en función de las distancias existentes en la nave, se comprobó que si se insonorizaba el foco intermedio (zona de temple) se conseguirían que los operarios de la zona de escogido y embalaje disfrutarían de un nivel sonoro de  $85 \pm 2$  dB. (A), siendo este mismo nivel el que existiría en la zona de temple como consecuencia de la influencia de la zona de prensas.

Teniendo en cuenta todos estos factores y posibilidades, se optó por la siguiente solución:

1.º Construcción de un recinto insonorizado para las personas que trabajan en las prensas.

2.º Insonorización, mediante encapsulado de las zonas de temple.

Con ambos trabajos conjuntos definitivamente se conseguirían los niveles siguientes:

- Recinto de prensas . . . . .  $80 \pm 2$  dB.(A)
- Zona de temple  $85 \pm 2$  dB.(A)
- Zona escogido y embalaje . . .  $75 \pm 2$  dB.(A)

solamente quedarían de toda la nave los trabajadores de limpieza con niveles superiores a 85 dB.(A), y esto no en toda la nave, puesto que a la altura de temple ya encontramos niveles de 85 dB.(A) tras la insonorización.

*Se estudio qué ventajas, aparte de la insonorización, podría acarrear la instalación y se encontró una ventaja importante, el ahorro de energía:*

*Se optó por la instalación de una mampara divisoria en la nave que independizan la zona de vidrio caliente de la zona de vidrio frío.*

*Finalmente, de los encapsulados de insonorización de la zona de temple, se ensulló aire caliente a  $55^\circ$  C a la zona de escogido y embalaje.*

*Con esto se consiguió mantener temperaturas de  $22^\circ$  C en invierno.*

Estos objetivos fueron analizados conjuntamente por los distintos mandos de la fábrica y se encontraron satisfactorios. Quedaba, por tanto, establecer los proyectos adecuados a las soluciones estudiadas de forma genérica.

Al recinto insonorizado de prensas se le exigían las siguientes condiciones:

a) Todos los automatismos de la prensa deberían estar en el interior del recinto insonorizado al objeto de que el operario no saliese del mismo mas que en los momentos de atasco o averías, evaluados en un 5 por 100 del tiempo total.

b) La visión de los operadores sobre las prensas debería ser total.

c) Deberían instalarse un número elevado de puertas que permitieran el acceso rápido de los operadores a las prensas.

d) El recinto debería ser totalmente desmontable para permitir las grandes reparaciones.

e) Establecer unas adecuadas condiciones de ambiente, lo que se consiguió dotando de ventilación con doble conducto, aire fresco en verano de zonas próximas a la calle y caliente en invierno, tomándolo de las proximidades del horno.

El resultado práctico de la insonorización se presenta en las fotografías de la página izquierda, arriba (interior del recinto insonorizado) y entrada del artículo (terminación exterior).

### Insonorización zona temple

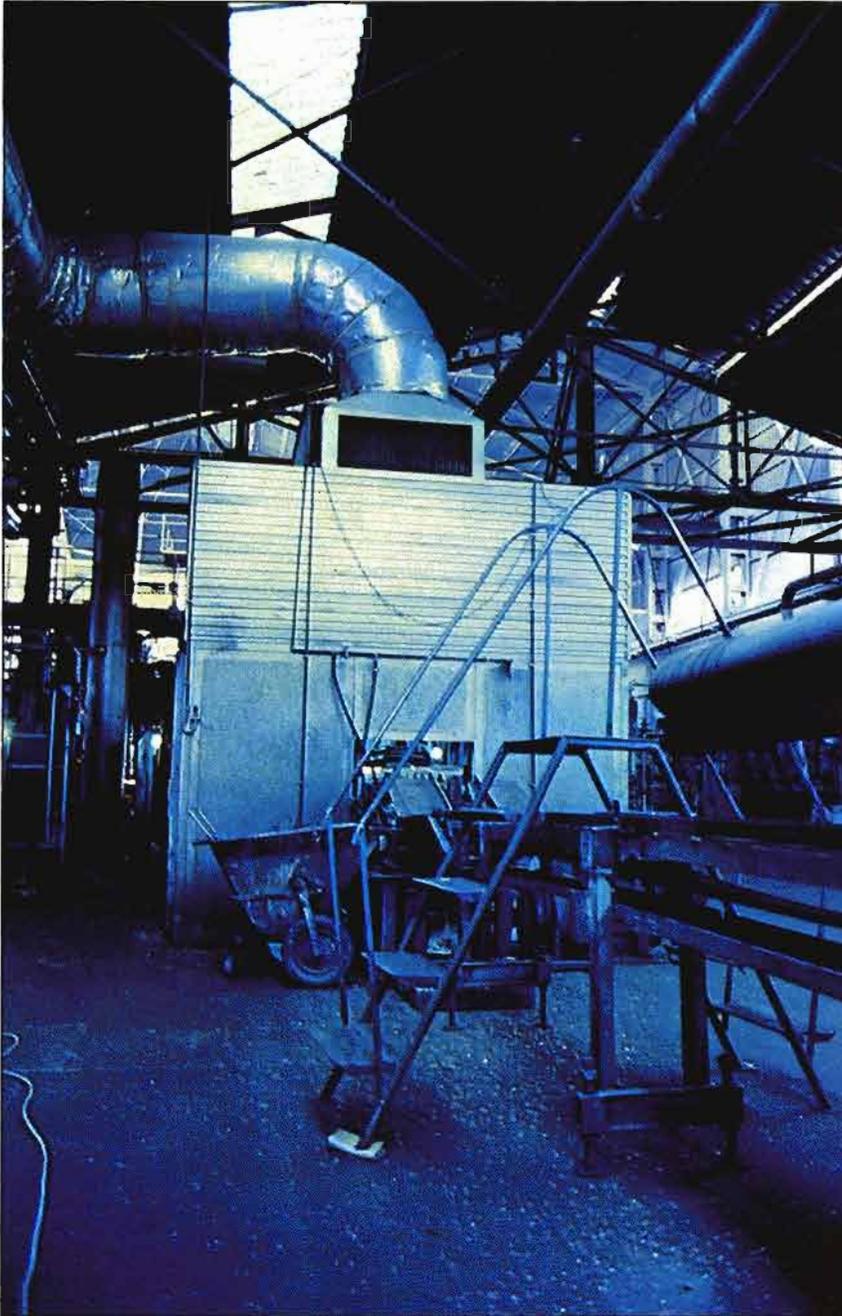
En la zona de temple el encapsulado realmente fue sencillo, puesto que solamente fue necesario imponer al cerramiento que fuera desmontable y permitir la salida al exterior, a través de silenciadores de aire caliente de temple.

La realización práctica se observa en la fotografía (arriba, izquierda).

Lógicamente fue necesario establecer un encapsulado para cada línea, es decir, un total de cinco.

Finalmente se estudió qué ventajas, aparte de la insonorización, podría acarrear la instalación y se encontró como ventaja importante, el ahorro de energía obtenida de la siguiente forma:

Se comprobó que en la nave existía un desequilibrio térmico impor-



divisoria en la nave que independizan la zona de vidrio caliente de la zona de vidrio frío, con lo que se evitaron las corrientes de convección y, finalmente, de los encapsulados de insonorización de la zona de temple, con la ayuda de ventiladores, se en-sufló aire caliente a 55° C a la zona de escogido y embalaje. Con esto se consiguió mantener temperaturas de 22° C en invierno. Los conductos de entrada de aire llevan un sistema de bay-pass de forma que si el aire caliente no es necesario se puede evacuar directamente a la calle.

En el paramento divisorio de nave se instalaron materiales absorbentes para que la implantación del mismo no perjudicase las condiciones ambientales, quedando tras esta instalación los siguientes niveles sonoros, citados como resumen:

<b>Recinto insonorizado</b>	
<b>de prensas</b> . . . . .	<b>82 dB.(A)</b>
<b>Zona de escogido</b>	
<b>y embalaje</b> . . . . .	<b>65 dB.(A)</b>
<b>Zona de temple</b> . . . . .	<b>85 dB.(A)</b>

#### Costo económico

La realización se acometió en tres fases:

- 1.ª Encapsulado de zona de temple.
- 2.ª Creación del recinto de prensas.
- 3.ª Mamparas de separación de nave e instalación de aire caliente.

El importe total ascendió aproximadamente a nueve millones de pesetas para las tres fases.

Dado que la fábrica trabaja en tres turnos, con la recuperación de calor obtenido, se espera que todo el conjunto de la instalación de insonorización queda amortizada en un período aproximado de dos años.

Como se puede comprobar, hemos presentado una instalación de insonorización bastante compleja por las grandes complicaciones que acarrea y se puede observar que las dificultades técnicas fueron vencidas y el costo económico, sin pensar siquiera en la recuperación calor (ventaja que no siempre vamos a encontrar) tampoco representa una inversión insalvable. ■

tante generado como consecuencia de que en la zona de hornos y prensas hay un desprendimiento calorífico muy importante al manejar vidrio fundido, lo que ocasionaba fuertes corrientes de convección de aire frío de la zona de escogido y embalaje hacia la zona caliente (horno y prensa), lo que originaba que, pese a tener instalados termobloks con un consumo total de 240kw/hora, eran totalmente insuficientes, ya que no llegaba ni a calentar el ambiente.

Ante estas circunstancias se optó por la instalación de una mampara

*El importe de la insonorización ascendió a nueve millones. Se espera que con la recuperación de calor obtenida, la instalación se amortice en dos años.*