

# ESTUDIO CIENTÍFICO DE LOS TUBOS SONOROS DE METAL DEL ÓRGANO FRANCISCO PÉREZ DE VALLADOLID (S. XVIII). ALCALÁ DE LOS GAZULES (CÁDIZ)

*A. Justo Erbez<sup>(1)</sup>, J.M. Martínez Blanes<sup>(1)</sup>, A. Cea Galán<sup>(2)</sup>,  
J.L. Pérez Rodríguez<sup>(1)</sup> y E. Jiménez Roca<sup>(1)</sup>*

## Resumen

En el presente trabajo se estudia la tubería sonora metálica del órgano de la Iglesia Parroquial de Alcalá de los Gazules (Cádiz). Los tubos de estaño están constituidos por una aleación de estaño y plomo aproximadamente al 50%. Parte de juegos de lengüetería están hechos con hojalata. Como productos de alteración se han encontrado carbonatos básicos de plomo y cloruros básicos de cinc y cobre. También se han encontrado restos de almagra en algunas zonas de soldadura.

## 1. INTRODUCCIÓN

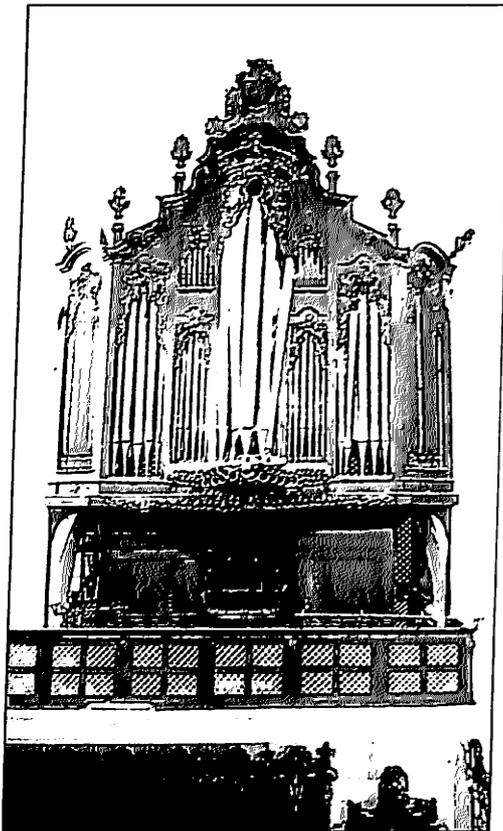
El órgano de la iglesia de San Jorge de Alcalá de los Gazules (Cádiz) fue construido por el organero Francisco Pérez de Valladolid en 1775. Aunque el instrumento ha sufrido numerosas intervenciones con posterioridad a esta fecha, su estructura y características primitivas están perfectamente conservadas, de modo que resulta posible establecer, en combinación con la documentación localizada, una descripción detallada de sus elementos actuales, trazar su procedencia y proponer unas directrices para su restauración. En la fotografía 1 se puede apreciar el estado actual del exterior del órgano y en la fotografía 2 un detalle de la tubería interior, en la que puede observarse la gran cantidad de abolladuras que presentan los tubos.

En el presente trabajo se estudian los metales que intervienen en la parte sonora del órgano y sus productos de alteración, para un mejor conocimiento del mismo para su posterior restauración.

---

<sup>(1)</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla. C.S.I.C.-U.N.S.E. C/ Américo Vesputio, s/n. 41092 Sevilla.

<sup>(2)</sup> Conservatorio Superior de Música de Sevilla. C/ Jesús del Gran Poder, 49. Sevilla.



Fotografía 1. Vista general del órgano.



Fotografía 2. Detalle de la tubería interior.

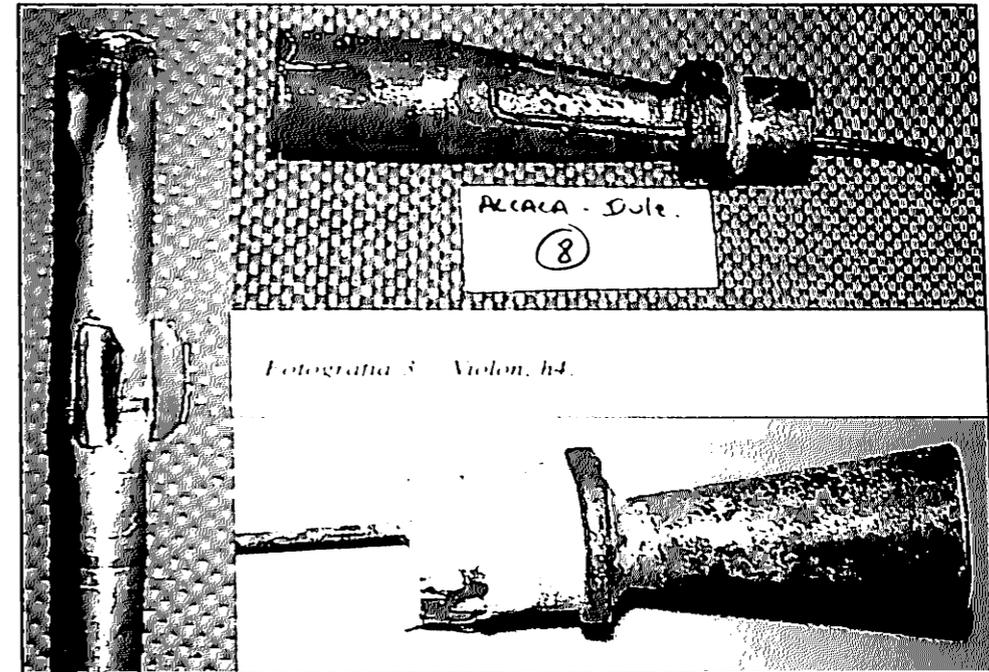
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para hacer un estudio lo más representativo posible, se han seleccionado 12 tubos de aleación de estaño-plomo pertenecientes a diferentes registros (fotografía 3), y una boquilla de trompeta real (fotografía 4), y una dulzaina (fotografía 5) fabricadas posiblemente con hojalata. Estas dos últimas muestras venían completas, es decir, con sus zoquetas de plomo, canales, lengüetas y muelles.

También se han analizado restos de una pintura de color rojizo en las zonas de soldadura, y los productos de alteración observados en los tubos o sobre los distintos componentes de los juegos de lengüetería. En la tabla 1 se presenta el listado de muestras estudiadas y su descripción.

Las técnicas utilizadas han sido la Difracción de Rayos X (Difractómetro SIEMENS D-5000) y Microscopía Electrónica de Barrido (JEOL JSM-5400) con Análisis por Energías Dispersivas de Rayos X (LINK).

Al ser las muestras de tubos metálicas, se estudiaron directamente en el microscopio electrónico sin metalización previa. En el caso de la hojalata se prepararon cortes transversales en zonas del borde donde se observaban restos de estaño.



Fotografía 4. Trompeta real, zoqueta, h2.

Fotografía 5. Dulzaina.

Tabla1. Descripción de las muestras estudiadas.

Muestra	Descripción
1	Quincena, h2
2	Lleno, 2ª hilera, g2 (marca original 6/26)
3	Lleno, 2ª hilera g#2 (marca original 7b/24)
4	Violón, h4
5	Lleno, 1ª hilera, mano derecha, Octava de factura García (i)
6	Boquilla trompeta real
8	Dulzaina
9	Clarín fachada
10	Quincena, tubo tipo Henlard
11	Corneta, 2 2/3'
12	Docena, c2
15	Flautado fachada

Para analizar los productos de alteración sobre los metales, las muestras se obtuvieron raspando una pequeña cantidad para tratar de producir el menor daño posible, ya que por su tamaño no era posible estudiarlas directamente sobre los tubos o las lengüetas. Estas muestras obtenidas por raspado se hicieron conductoras metalizándolas con oro.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

El estudio por difracción de rayos X (DRX) de los tubos de estaño, indica que los tubos están formados por aleación de estaño y plomo, tal como se muestra en la figura 1a para el caso de la muestra 2. Solamente la muestra 10 presenta un valor elevado en el contenido de estaño, tal como se puede observar en la figura 1b, en la que se observan todas las difracciones debidas al estaño y únicamente se puede apreciar con claridad la difracción más intensa del plomo.

La observación al microscopio electrónico de barrido (MEB) de estas aleaciones muestra claramente la separación de fases de la aleación, de tal manera que no hay una fase homogénea formada por estaño y plomo sino que coexisten las dos fases independientes íntimamente mezcladas, tal como puede apreciarse en la microfotografía obtenida con electrones retrodispersados de la muestra 1 (fotografía 6). Las zonas claras corresponden al plomo (elemento más pesado) y las oscuras al estaño (elemento más ligero), tal como puede observarse en el análisis puntual por energías dispersivas de rayos X (EDX) que se muestran en la figura 2. Los resultados de los análisis químicos de las aleaciones se presentan en la tabla 2.

De estos resultados se puede deducir que la composición es bastante parecida en la mayoría de los tubos, con contenidos en estaño y plomo alrededor del 50%. La excepción más llamativa es la muestra número 10, en la que el contenido en estaño supera el 90%.

El estudio por microscopía electrónica de barrido de las muestras 6 (boquilla de trompeta) y 10 (dulzaina) demuestra que tanto la boquilla como el pabellón de la dulzaina están formados por chapa de hojalata. La microfotografía 7 presenta un corte perpendicular a la chapa correspondiente a la muestra 6 observada en el mi-

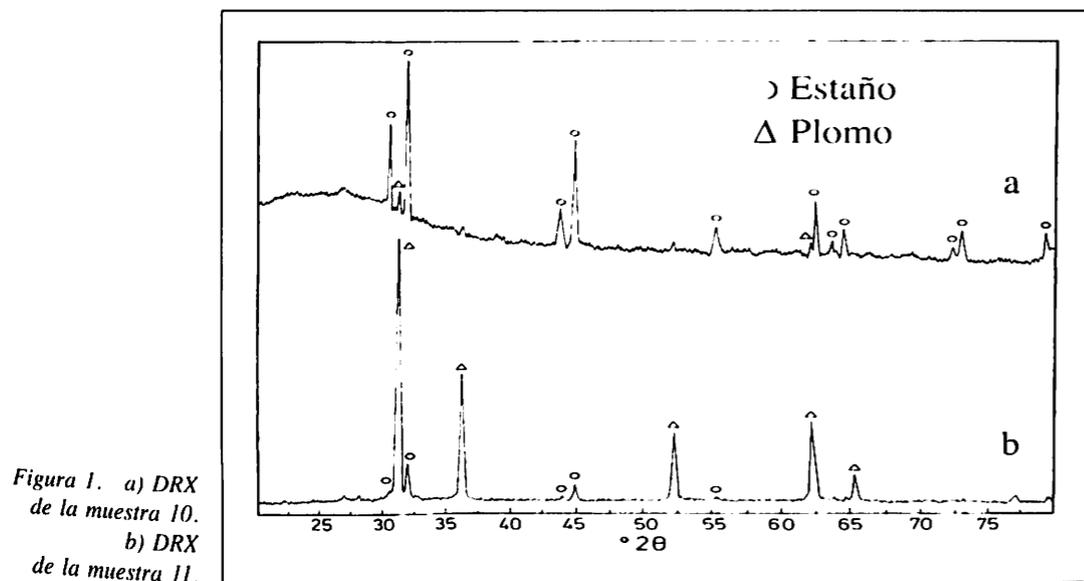


Figura 1. a) DRX de la muestra 10. b) DRX de la muestra 11.

Tabla 2. Análisis químico por Energías Dispersivas de Rayos X de las aleaciones.

Muestra	Descripcion	% Sn	% Pb
1	Quincena, h2	58,76	41,24
2	Lleno, 2ª hilera, g2 (marca original 6/26)	52,87	47,13
3	Lleno, 2ª hilera g#2 (marca original 7b/24)	53,46	46,54
4	Violón, h4	59,97	40,03
5	Lleno, 1ª hilera, mano derecha, Octava de factura García (¿)	69,76	30,24
9	Clarín fachada	54,75	45,26
10	Quincena, tubo tipo Henlard	92,28	7,72
11	Corneta, 2 2 3'	47,21	52,79
12	Docena, c2	46,50	53,50
15	Flautado fachada	55,92	44,08

croscopio electrónico de barrido con electrones retrodispersados. Se observan la chapa de acero (color oscuro) y la capa de estaño (color claro), confirmadas por el análisis químico por energías dispersivas de rayos X de las mismas, tal como se muestra en la figura 3.

En las zonas de soldadura de algunos tubos interiores se encontraron restos de una pintura de color rojo. Su estudio por difracción de rayos X reveló que esta pintura está constituida fundamentalmente por hematites (óxido de hierro) y cuarzo (dióxido de silicio). La presencia de difracciones correspondientes a plomo y estaño se explican porque hubo que raspar la superficie del tubo para obtener la muestra de pintura, la cual se encontraba muy adherida.

La zoqueta de plomo perteneciente a la muestra 6 se encuentra recubierta por una película fuertemente adherida de color blanco. Su estudio por difracción de Rayos X (figura 5) reveló que dicha película está constituida por hidrocerusita y plumbonacrita (carbonatos básicos de plomo). En el interior de algunos tubos se observa la presen-



Fotografía 6. Observación al MEB de la muestra 4.

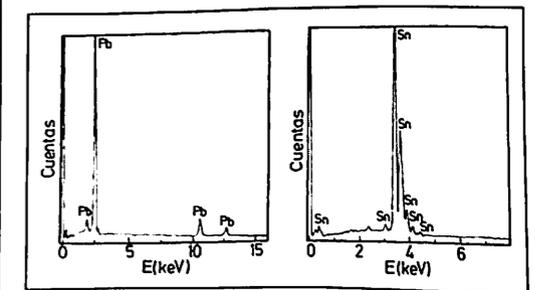


Figura 2. Análisis por EDX de las zonas claras (izda.) y oscuras (dcha.).

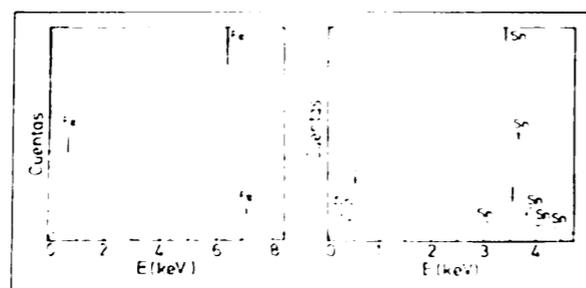
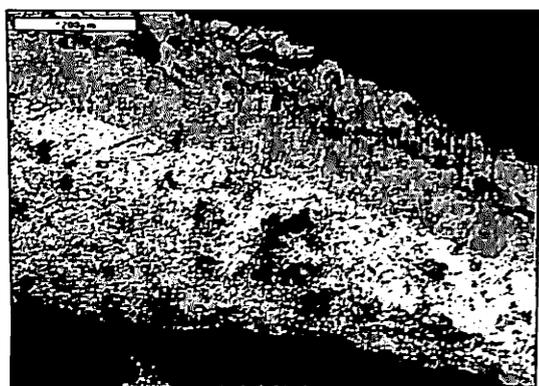


Figura 3. Analisis por EDX de la mitad superior (izda) y de la mitad inferior (dcha).

Fotografía 7. Observación al MEB de la muestra 6.

cia de un polvo blanquecino muy suelto, también constituido por carbonatos básicos de plomo.

Los extremos de las lengüetas y canales de las muestras 6 y 8 presentaban una coloración verdosa (fotografías 8 y 9). El estudio por difracción de rayos X y análisis por energías dispersivas de rayos X revela la presencia de sales básicas hidratadas de cobre y cinc, tal como se muestra en las figuras 6 y 7.

En la base de la trompeta real y en la dulzaina, las zonas que presentan restos de estaño se encuentran recubiertas por una fina película transparente de coloración amarillenta. En el espectro de infrarrojos de dicha película que se muestra en la figura 8, se observan las bandas de absorción características de grupos carbonilos ( $\approx 1.700\text{ cm}^{-1}$ ) y alifáticos ( $\approx 2.900\text{-}3.000\text{ cm}^{-1}$ ), pudiéndose asociar a un barniz.

#### 4. CONCLUSIONES

Como resultado del estudio realizado puede concluirse lo siguiente:

1. La tubería de estaño-plomo, salvo en un solo caso, está realizada con una aleación aproximadamente al 50% de cada uno de los metales, independientemente de que se traten de principales o flautas. La elevada proporción de plomo unido a la delgadez de la plancha, hace que los tubos sean endebles y fáciles de deformar.

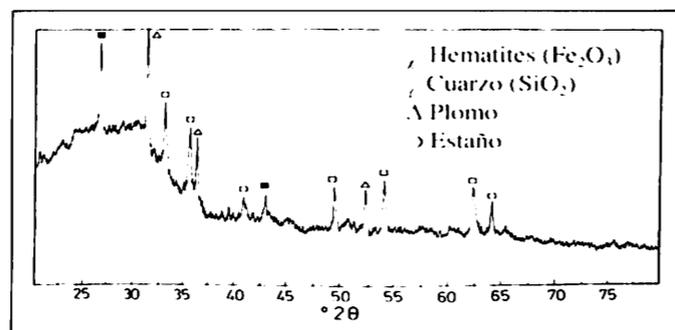


Figura 4. DRX correspondiente a la pintura de color rojo.

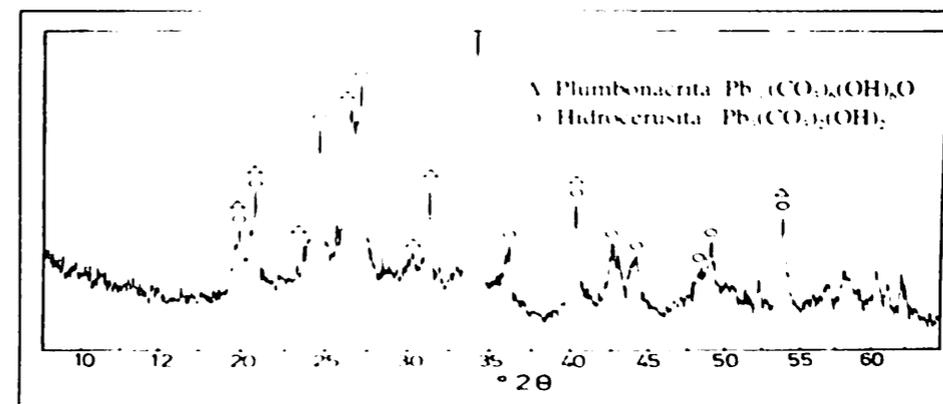


Figura 5. DRX correspondiente a la pátina que recubre la zoqueta de la fotografía 4.

2. Los tubos realizados con hojalata están muy alterados superficialmente, habiendo perdido la mayor parte del estaño. Sin embargo, la chapa de acero no ha perdido resistencia y es perfectamente utilizable. Se han encontrado restos de barniz en la superficie de la hojalata.

3. Las zonas alteradas de las lengüetas, canales y zoquetas son superficiales y poco extensas, por lo que no influyen en su funcionalidad.

4. Los restos de pintura rojiza corresponden a residuos de almagra que quedaron después de realizadas las soldaduras. Su presencia se puede explicar porque al corresponder a tubos interiores, no era muy importante su eliminación desde el punto de vista estético.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía por las facilidades para la realización de este estudio.

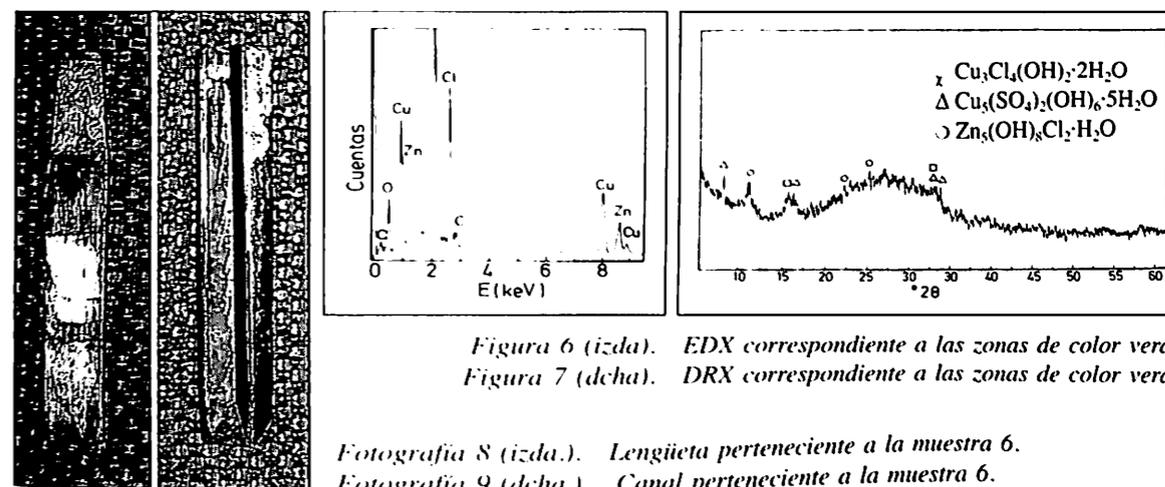


Figura 6 (izda). EDX correspondiente a las zonas de color verde.  
Figura 7 (dcha). DRX correspondiente a las zonas de color verde.

Fotografía 8 (izda.). Lengüeta perteneciente a la muestra 6.  
Fotografía 9 (dcha.). Canal perteneciente a la muestra 6.

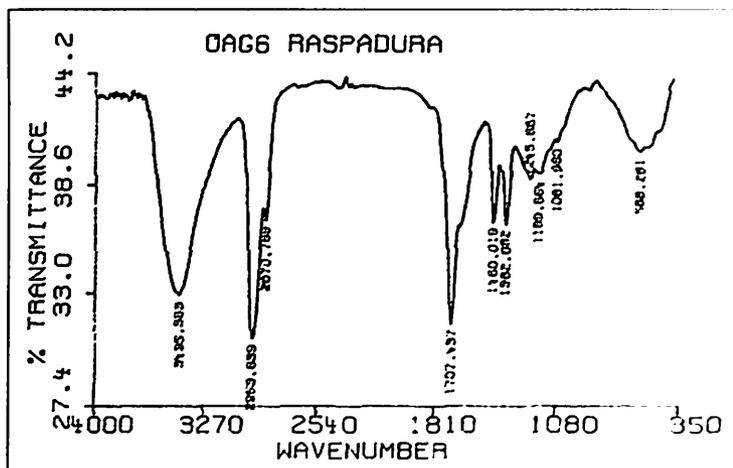


Figura 8 Espectro de IR correspondiente a la película que recubre la hojalata.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ayarra Jarné, J.E., 1998, *Órganos en la Provincia de Sevilla. Inventario y Catálogo*, Centro de Documentación Musical de Andalucía, Granada.
- [2] Cea Galán, A. y Chía Trigos, I., 1995, *Órganos en la Provincia de Cádiz. Inventario y Catálogo*, Centro de Documentación Musical de Andalucía, Granada.