

RESTAURACIÓN DE CAMPANAS



GRASSMAYR
FUNDICIÓN DE CAMPANAS DESDE 1599

CAMPA



La fundición Grassmayr fabrica campanas desde 1599. El control del sonido de sus campanas caracteriza el conocimiento artesano de esta familia austríaca de emprendedores.

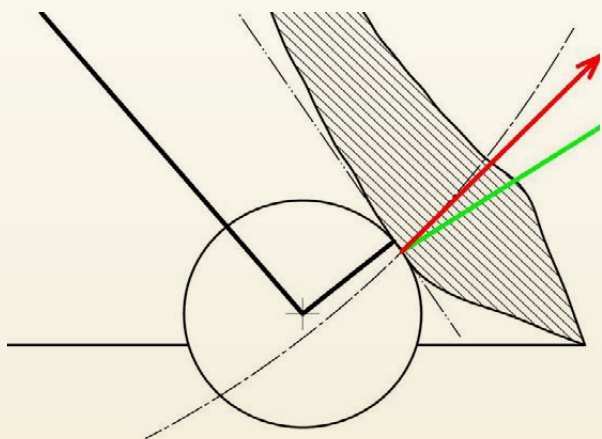


Desde hace más de 35 años la fundición Grassmayr investiga activamente las causas del deterioro de las campanas. La cooperación, durante muchos años, con instituciones y universidades técnicas ha permitido acceder a nuevos conocimientos que en ciertos casos han servido para cuestionar antiguos postulados comunes.

Así pues, acompañada de científicos, la fundición Grassmayr, deseosa de innovar, ha llegado a desarrollar y mejorar las técnicas de restauración de campanas en los últimos años, conservando una visión respetuosa del pasado.

Las campanas históricas son objetos artísticos que forman parte del patrimonio cultural. Con sus toques acompañaron durante cientos de años a diversas generaciones de una comunidad. Pero el paso del tiempo, junto a condiciones a veces desfavorables, dejan su huella

A | Badajo



Los badajos mal dimensionados o de acero demasiado duro hacen trabajar al bronce de las campanas de manera desmesurada, causando daños importantes y prematuros que pueden llegar a romper la campana. El dimensionado de los badajos puede estudiarse científicamente gracias al proyecto europeo de campanas ECC-ProBell®.

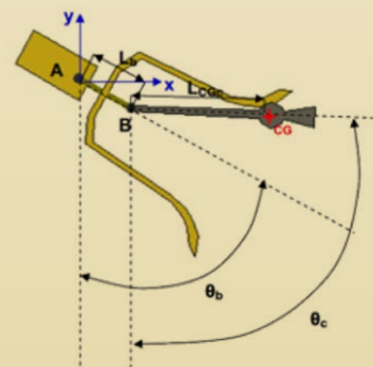
B | Desgaste del perfil

Con el paso del tiempo y de los toques, se observa un desgaste de la campana en los puntos de percusión del badajo. Cuando la reducción del grueso del perfil supera el 10% aparecen debilidades críticas. Para evitar futuras roturas, es absolutamente necesario recargar por soldadura los puntos desgastados de percusión.



C | Motorización de la campana

Los sistemas de toque mal dimensionados o que carecen de posibilidad de regulación pueden sobrecargar la campana en movimiento, tanto en oscilación como en volteo completo. Para alargar su vida es preciso utilizar materiales que permitan una regulación precisa de los parámetros de control del motor: ángulo de balanceo, velocidad de volteo, ajuste de asimetrías, arranque y frenado suave y progresivo.



D | Asa badajera



Para permitir la fijación del badajo, siempre se ha utilizado un asa badajera de acero, insertada en la campana en el momento de la fundición. La corrosión de esta badajera puede provocar un aumento de volumen que a veces genera fisuras y roturas del bronce en la parte del hombro o de la corona. También suele ocurrir que la badajera esté totalmente desgastada.

E | Defectos de fundición



Restos de arcilla incrustados en el bronce, una fuerte porosidad o faltas de metal pueden fragilizar las campanas.

F | Coronas o asas de las campanas



Tras largos años de uso las asas pueden desgastarse o romperse a menudo a causa de una mala fijación, por falta de mantenimiento o por un uso repetido.

G | La guerra y el fuego



La guerra y el fuego fueron a lo largo de la historia los primeros enemigos de las campanas. Afortunadamente muchas campanas han conseguido sobrevivir.

Se observan a menudo reparaciones caseras realizadas a lo largo de los siglos: taladros, tornillos, recambio de asas de acero, amarres y refuerzos de acero, soldaduras mal realizadas:



Implante de un asa de acero



Taladro de la campana para sustituir el asa badajera



Taladro del hombro



Refuerzo de un asa con pletinas de acero



refuerzo de acero



"Arreglo" de la campana



Taladros para detener la progresión de una grieta



Soldaduras insuficientes

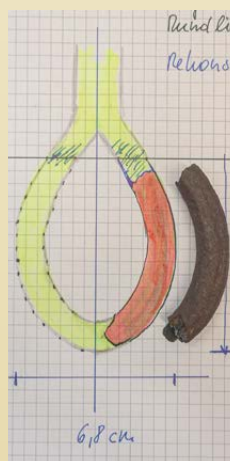
Las campanas históricas de gran valor necesitan, para ser restauradas, la puesta en marcha de procedimientos complejos por fases de trabajo muy especializadas y realizadas con una gran precisión. Según el tipo de degradación, las tareas y las soluciones aportadas pueden ser diferentes. El aspecto final vendrá determinado por las exigencias regionales de los clientes y por las indicaciones de los expertos y conservadores de los monumentos históricos.



1| Limpieza de la campana



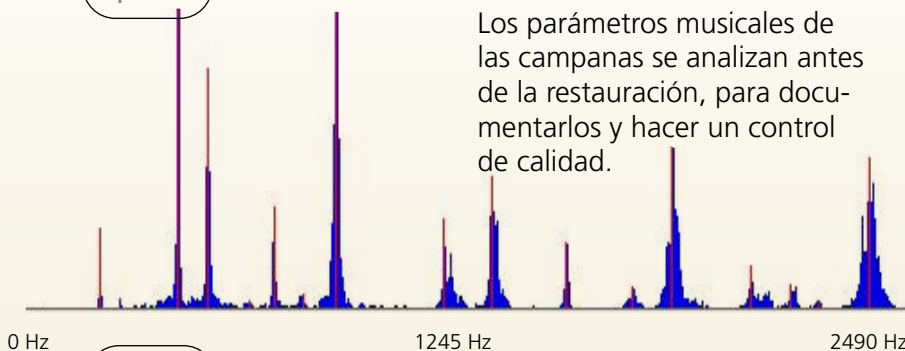
2| Análisis de los daños



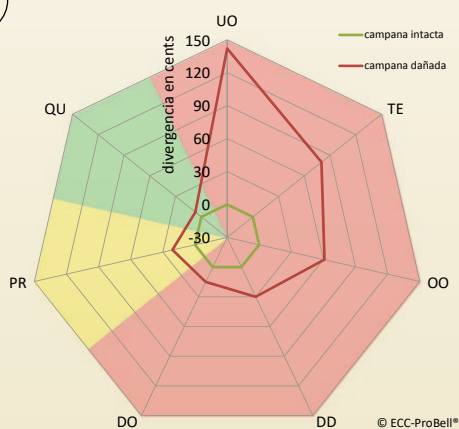


3| Análisis del espectro armónico

Los parámetros musicales de las campanas se analizan antes de la restauración, para documentarlos y hacer un control de calidad.



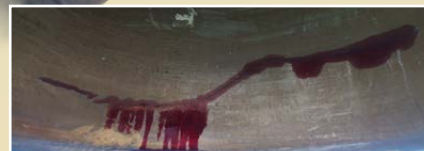
4| Análisis de la "huella musical"



La huella musical es un análisis de la vibración de la campana, obtenida a partir de diversas tomas periféricas de sonido. Para algunas campanas, este análisis musical es interesante y complementario del análisis de los parciales.



5| Análisis visual



El análisis se realiza con un producto colorante de alta penetración (prueba de penetración de la grieta) que pone en evidencia fisuras, inclusiones de arcilla y porosidades en el bronce de la campana. Si la campana está muy sucia o muy dañada, será necesario limpiar cuidadosamente con arena la campana previamente.



6 | Copia de las decoraciones



Cuando se necesita abrir las fisuras, pueden dañarse las decoraciones. Por ello, los escultores de la fundición hacen previamente un molde, para asegurar una restauración fiel al original (molde negativo).



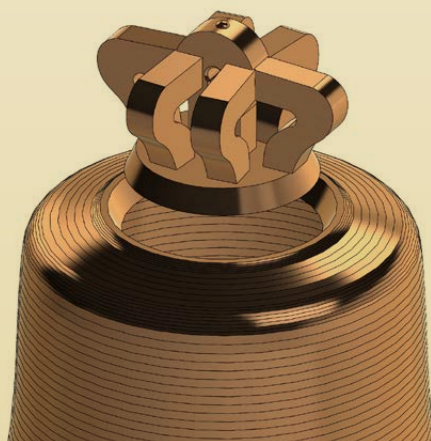
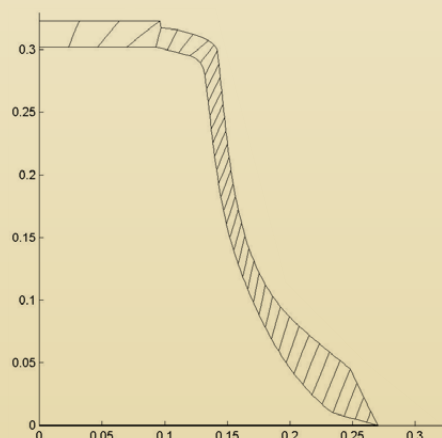
7 | Escaneo 3D de la campana



Para ciertas campanas, así como para ciertos procedimientos de restauración, se requiere un escaneo 3D de la campana.



8 | Cálculo del perfil de la campana



Cuando es preciso recrear partes faltantes, es importante tener en cuenta el espectro sonoro original de la campana; lo que requiere cálculos y simulaciones complejas para determinar el diseño del perfil requerido.



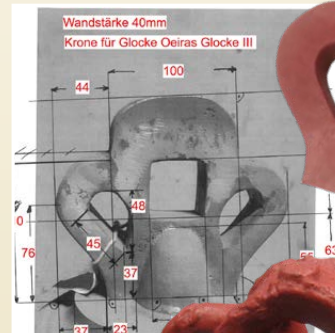
9 | Archivos de la fundición de campanas



Los numerosos documentos conservados en los archivos de distintas generaciones de la fundición de campanas Grassmayr serán de gran utilidad para ciertas reconstrucciones que deben ser fieles a las campanas originales protegidas por la legislación patrimonial.



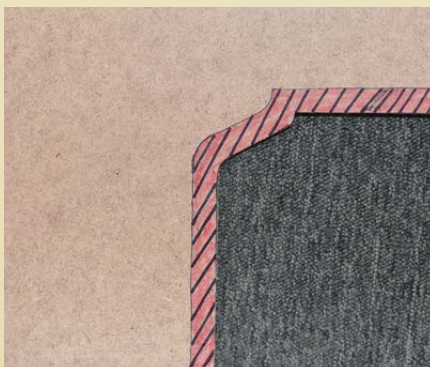
10 | Reconstrucciones



Nuestros escultores, profesionales con gran experiencia, modelan las coronas y las decoraciones para reconstruir las partes faltantes como eran originalmente.



11 | Moldeado



Gracias al cálculo del perfil, se realiza por el fundidor un molde de los segmentos faltantes de la campana, para la próxima colada.



12| Abertura de las fisuras



Las zonas que comprenden fisuras, numerosos poros, inclusiones de arcilla o microfisuras puestas en evidencia por el análisis mediante colorante, deben ensancharse con la muela antes de iniciar el proceso de soldadura. Debe notarse que, en el caso de microfisuras, la grieta real es generalmente más larga que la fisura aparente sobre la superficie externa de la campana.



13| Análisis metalográfico

El bronce no siempre es bronce. Sobre todo en campanas antiguas, de varios siglos. El análisis metalográfico detallado de la aleación constituye un paso importante en el proceso de la restauración.



Análisis químico de la campana de Nostitz (Alemania)			
Descripción	%	Temperatura de fusión (°C)	Temp. de ebullición (°C)
Cu	73,79	1083	2595
Sn	20,46	232	2270
Zn	2,15	419	907
Pb	2,15	327	1740
Sb	0,677	630	1750
Ni	0,524	1453	2732
Fe	0,166	1539	2750
Bi	0,059	271,3	1560
Co	0,017	1495	2900
Cd	0,0047	321	765
P	0,004	44	280
Al	0,001	660,5	2467
Si	0,0005	1410	2355
Mn	0,0002	1246	2100
Cr	0,0001	1907	2482
Be	0,0001	1278	2970
As	0,0001	613	613
	100,00		



14| Fundición de las varillas de soldadura



Las varillas de soldadura, cuya composición se define a partir del análisis precedente del metal, se preparan en la fundición. Es importante indicar que nunca contienen ningún elemento tóxico como arsénico, berilio o cadmio.



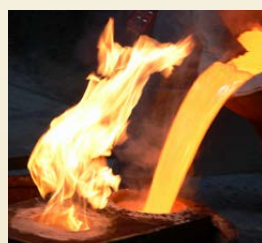
15| Forjado de las badajeras en acero inoxidable



Si es necesario, se forja una nueva badajera en acero inoxidable.



16| Moldeado y fundición



Para insertar por soldadura la badajera en una campana histórica, se dota de un elemento de bronce moldeado en la fundición.



17| Fundición de los faltantes



Las diferentes partes faltantes se funden a continuación.



18| Calentamiento de la campana



Para una restauración duradera de la campana, la subida de temperatura debe ser controlada para respetar ciertas curvas predefinidas. La campana se envuelve con elementos calefactores y con material aislante.





19 | Soldadura



Debe saberse que el bronce de las campanas históricas contiene, además de cobre y estaño, grandes cantidades de otros metales. La aleación, así como las incrustaciones por elementos de arcilla o las porosidades, dificultan el proceso de soldadura. Además, para evitar la aparición de tensiones internas demasiado fuertes, generadoras de fracturas cuando golpee el badajo, la cantidad de calor aportada por la soldadura debe ser totalmente controlada.



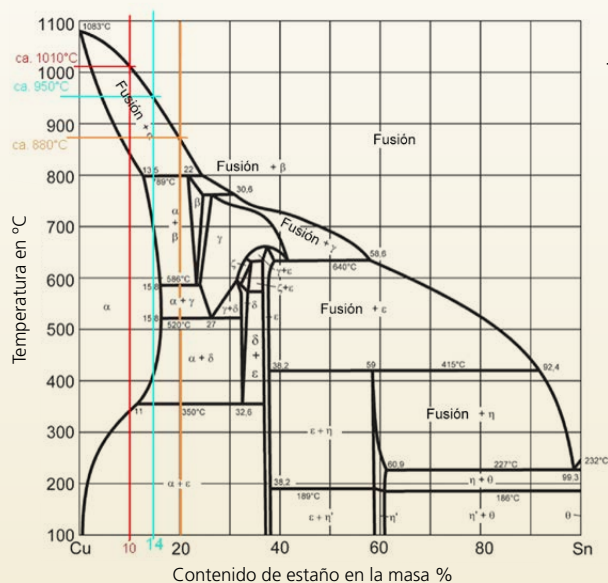
La fundición Grassmayr ha realizado diversas investigaciones durante varios años en colaboración con universidades e instituciones científicas, que han permitido realizar interesantes comparaciones entre las diversas técnicas de soldadura.

Los resultados obtenidos han permitido seleccionar el procedimiento TIG, igualmente utilizado en campos industriales sensibles, donde la calidad es más importante que la velocidad de la soldadura. Como este procedimiento no utiliza un electrodo fusible, la corriente de soldadura puede regularse perfectamente y adaptarse a las condiciones propias de cada restauración, haciéndose el aporte de metal, a partir de las varillas preparadas previamente, con la cantidad necesaria según la ocasión. Esta soldadura se hace bajo protección de un gas inerte.

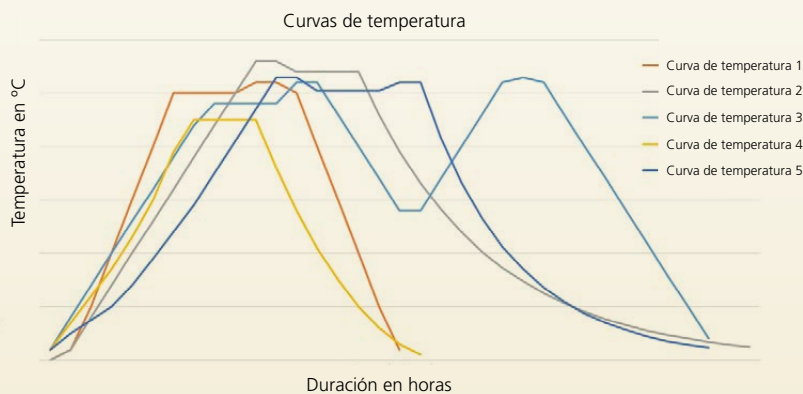




20 | Tratamiento térmico y proceso de enfriado



El proceso de enfriado se determina para controlar las fases cristalinas del metal.



Luego la campana recibe un tratamiento térmico para relajar el conjunto de las tensiones internas generadas por la operación de soldadura.



21 | Control de calidad

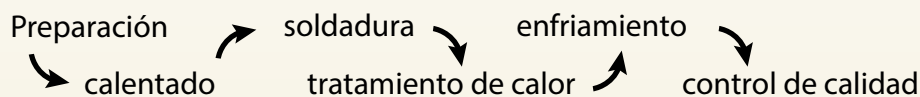
Después del enfriado se realiza un primer control visual para verificar la calidad de los trabajos realizados.





22| Repetición de las operaciones

Siguiendo la extensión y la importancia de las operaciones de restauración, este ciclo de trabajo puede repetirse varias veces:



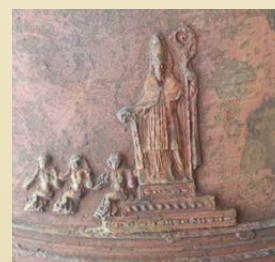
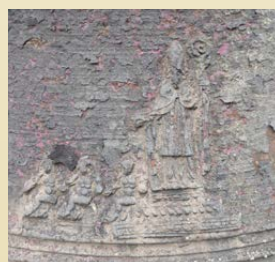
23| Limpieza de la superficie de la campana



Los cuerpos extraños presentes sobre la superficie de la campana, por lo general una mezcla de partículas de polvo con verdete, se queman durante el proceso de calentamiento de la campana y se transforman, durante el enfriado, en finas placas de diversos colores, que se eliminan con un simple cepillado.



Después de esta limpieza, la superficie de la campana tiene un aspecto marrón, rojo o gris, según la composición de los metales y los procesos de oxidación que ha sufrido.





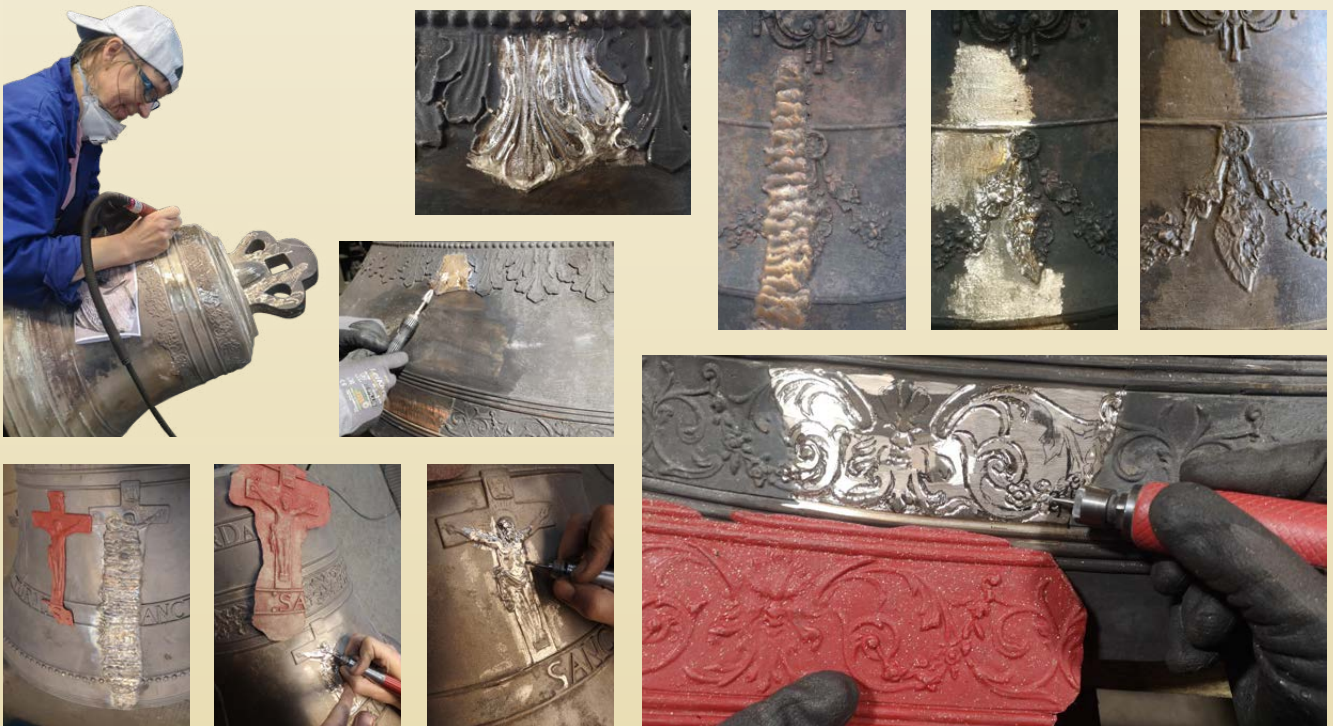
24| Eliminación de excedentes de soldadura



Para asegurar la calidad de la restauración de la campana es imprescindible realizar una soldadura en exceso. Cuando se quita ese bronce añadido, la superficie obtiene el color de "bronce brillante".



25| Reconstrucción de las decoraciones



El objetivo de la restauración es igualmente la recuperación de las decoraciones de la campana. Los escultores de la fundición Grassmayr sacan moldes en silicona de las decoraciones existentes (imágenes, ornamentos, textos). A partir de ahí se fabrican moldes positivos en cera que permiten la reconstitución de las decoraciones de la manera más aproximada al original.



26| Superficie de la campana

La superficie de la campana se tratará de manera diferente, con precaución y respeto, en función de los deseos del cliente y de las opiniones de los expertos y conservadores de los monumentos históricos. Debe notarse que la fundición de campanas Grassmayr no utiliza, durante su proceso de soldadura, ninguna pasta de bronce, ni otro material de relleno para cubrir los agujeros o enmascarar las porosidades. Hay cuatro opciones de acabado:



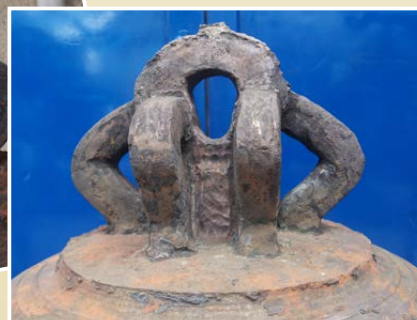
26a| sin tratamiento



Las zonas de soldadura no se intervienen tras eliminar los excedentes de soldadura: el bronce de las zonas soldadas queda brillante y se diferencia de la pátina envejecida de la parte no tratada. Con el tiempo estas zonas se oxidarán también y los colores se aproximarán.

26b| pátina de las zonas soldadas

Las superficies de la campana, que tienen un aspecto más claro y brillante tras los trabajos de soldadura, se patinan (oxidación artificial del bronce). El color obtenido por la pátina será ligeramente diferente del resto de la campana (pátina "envejecida") de modo que la zona de soldadura sea fácilmente discernible.



26c| pátina de la campana

Para obtener un color más uniforme, la campana entera puede ser patinada.



cepillado



aplicación de pátina

26d| encerado de la campana

A la demanda, y de acuerdo con los inspectores de los monumentos históricos, se aplica una fina capa de cera de microcristales sobre la superficie de la campana para fijar la pátina. Esta fase suplementaria es muy solicitada en algunas regiones.



encerado



aplicación de pátina + encerado



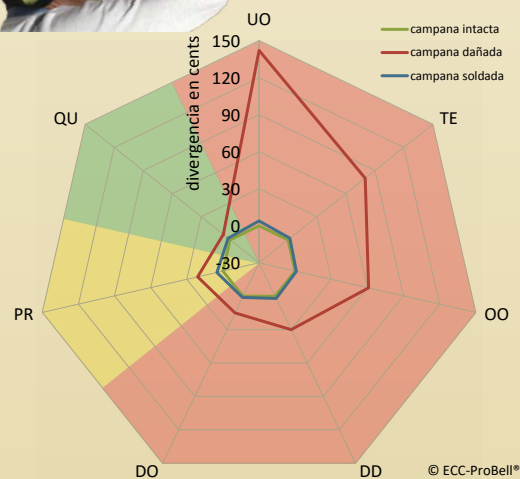
27| Control de calidad



Análisis de los sonidos de la campana de Breda di Plave

Fundida por De Poli 1869 en Vittorio Veneto (Ceneda)

Registro	Afinación	Afinación en cents
Nota de golpe	re#3-20	1 cent = 1/100 de semitono
Octava baja o Hum	(UO) re#2±0	
Fundamental o Prima	(PR) re#3-14	
Tercera menor	(TE) fa#3-14	Nota de referencia: la3 440 Hz
Quinta	(QU) la#3-15	
Octava u octava superior	(OO) re#4-21	Peso: 971 kg
Duodécima	(DD) la#4-76	Diámetro: 118,4 cm
Doble octava	(DO) re#5+37	Duración de la resonancia: 122 segundos



Después de la restauración, se lleva a cabo otro control de calidad del trabajo realizado. La restauración se concluye con un análisis final de los tonos y, en algunos casos, un análisis de la "huella musical" de la campana.

Referencias de trabajos restaurados

Después de la restauración se controla la calidad sonora de la campana. Se realiza un nuevo análisis espectral así como, si es preciso, una nueva toma de la "huella musical".



ANDORRA



BÉLGICA



ESPAÑA



AUSTRIA



ALEMANIA



ITALIA



PORTUGAL



FRANCIA



PAÍSES BAJOS



SUIZA



info@campa.com
www.campa.com



GRASSMAYR
FUNDICIÓN DE CAMPANAS DESDE 1599

info@GRASSMAYR.at
www.grassmayr.at

