

10

Reposición en la Giralda







## Reposición en la Giralda

### 10.1. Introducción

Tras la presentación y exposición de los resultados del trabajo llevado a cabo para la restauración del Giraldillo a nivel del suelo, solo faltaba por realizar el trabajo “de altura” para culminar definitivamente el proceso: quedaba la reposición del Giraldillo sobre la torre de la Giralda.

La Consejería de Cultura, a través del IAPH, entidad promotora y financiadora de la restauración, también jugaría este mismo papel durante esta fase correspondiente a la reposición. Así, el 7 de julio de 2004, convoca a la Comisión Mixta para presentar el resultado del proceso de restauración del Giraldillo y comunicar su intención de planificar y ejecutar el proceso de reposición de la Veleta ante el Cabildo Catedral, que seguía siendo reacio a la reposición de la pieza original y que aún mantenía su preocupación respecto a la seguridad y conveniencia de la operación. Sin embargo, apoyó finalmente la decisión adoptada por la Consejería, gracias, entre otras razones, a que el equipo técnico responsable de la restauración se encargó de demostrar documentalmente cómo el Giraldillo se encontraba en perfecta disposición para volver a coronar la torre de la Giralda, ofreciendo mayor seguridad que nunca.

Tres meses después, el 13 de octubre, se vuelve a reunir la Comisión Mixta para acordar la reposición del Giraldillo durante el año 2005, y abordar cuestiones relativas a los trámites necesarios para llevar a cabo la operación, entre ellos, la redacción de una serie de proyectos que cumpliesen todos los requisitos legales y que recogiesen el diseño de la nueva estructura soporte para el Giraldillo, la descripción de las operaciones a realizar, maquinaria necesaria, etc., así como el diseño y proceso de montaje de andamios.

El 28 de octubre la Consejería de Cultura ordena finalmente la puesta en marcha del proceso de reposición del Giraldillo, empezando por realizar el encargo de la redacción de dichos proyectos al Grupo de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Inge-

nieros de Sevilla y a la empresa ADeC S.C. Estos documentos recibirían finalmente el informe favorable de la Comisión Provincial de Patrimonio Histórico el 18 de mayo de 2005.

La elección del Grupo de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros viene motivada por su implicación en el proceso de restauración de la figura desde el año 1999. ADeC S.C. se incorporó al proyecto por el conocimiento de la Torre y del Giraldillo, adquirido a través de su intervención en la redacción de los proyectos del andamio de 1997, así como en las tareas de dirección de los trabajos de retirada del Giraldillo e instalación de la Réplica. Para las tareas de dirección técnica se incorporaría además el Grupo de Metalurgia e Ingeniería de los Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla, que venía trabajando en la diagnosis del estado de la Veleta desde el año 1981.

Previamente, el 7 de febrero, los responsables técnicos de la elaboración y ejecución del proyecto se reunieron con la Dirección General de Bienes Culturales y el IAPH para establecer un cronograma del desarrollo del proyecto. Con dicho cronograma se pretendían diversos objetivos, algunos técnicos y otros relacionados con aspectos mediáticos, políticos e incluso medioambientales.

Uno de los aspectos clave que se planteó desde un primer momento fue la necesidad de establecer unos plazos que permitieran realizar las operaciones necesarias con total seguridad, el debido esmero y la especial dedicación que las características del encargo requerían. Parecía absurdo, tras haber llevado a cabo una minuciosa restauración durante varios años, que condicionantes políticos y/o de imagen precipitasen las actuaciones en esta última fase del proceso. Así lo entendieron los responsables del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y de la Dirección General de Bienes Culturales, que respaldaron el calendario propuesto por los técnicos.

Se planteó la necesidad de disponer un periodo inicial de auscultación de tres semanas, en el que en la primera de ellas, tras la

Mario Solís Muñoz

Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas Mansfeld\*

José M<sup>a</sup> Gallardo Fuentes

José Domínguez Abascal

Mariano Asuero Orta\*

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros*

*\* ADeC Integral de Proyectos S.L.*

(Foto página anterior: Mariano Asuero)

instalación definitiva de los andamios, se procedería a inspeccionar la Réplica (estado de conservación, estudio in situ de su respuesta mecánica, etc.) y realizar algunas tareas auxiliares previas (acopio de material, fijación de elementos de agarre, desmontaje de pararrayos, desinstalación del sistema de seguimiento instrumental de la Réplica, etc.), antes de afrontar la operación de desmontaje y bajada de la misma.

Después de esta operación se procedería a verificar el estado de conservación de la estructura base sobre la que asentaría posteriormente la estructura soporte del Giraldillo original, y validar o corregir ligeramente el diseño previo de dicha estructura (hay que tener en cuenta que, entre otras cosas, no se disponía de información geométrica precisa de la estructura base que dejaría al descubierto la Réplica una vez desmontada).

Dicha inspección serviría para confirmar los parámetros definidos en el proyecto y adoptar las medidas correctoras y/o complementarias que se estimasen oportunas, las cuales habrían de llevarse a cabo simultáneamente con la construcción de las distintas piezas que compondrían la nueva estructura soporte, además de realizar la preinstalación de algunos elementos del sistema de instrumentación y seguimiento del Giraldillo.

Evidentemente, la idea que algunos planteaban sobre realizar en una misma jornada el desmontaje de la Réplica y el posterior montaje del Giraldillo original respondía al desconocimiento acerca del cúmulo de detalles y operaciones que debían resolverse entre las operaciones de bajada y subida, y que el equipo técnico estimó que deberían abarcar al menos tres semanas. Debe destacarse que estos pequeños detalles y pequeñas operaciones en principio “sin importancia”, llegaron a sorprender a los técnicos que realizábamos los trabajos, suponiendo en algunos casos mayores retos que la propia retirada de la Réplica y reposición del Giraldillo.

Tras la construcción de la nueva estructura soporte se estaría en condiciones para afrontar el montaje del Giraldillo sobre la Giral-

da, aunque sobre el diseño de estas operaciones también aparecieron curiosas propuestas, tales como estructuras auxiliares más grandes que el propio andamio, que hubo que ir descartando, desde la responsabilidad que exigían las tareas de diseño de los procedimientos.

Aquí no finalizaría el proceso, porque sería necesario después realizar la instalación definitiva del sistema de instrumentación para la monitorización del Giraldillo y su estructura, el sellado de elementos, reinstalación de pararrayos, líneas de vida, etc. Estas operaciones supondrían al menos 2 o 3 semanas de trabajo, periodo de tiempo que serviría además para realizar, a modo de primicia, una observación in situ (a 100 m de altura) del comportamiento del Giraldillo tras su colocación en la torre, ya que aunque las pruebas a nivel de suelo siempre resultaron satisfactorias, entendíamos que era necesario y exigible verificar que el Giraldillo girase como se esperaba de él, que las tensiones en el vástago fueran las esperadas y en definitiva que el conjunto de todos los elementos se encontrase en perfecto estado de funcionamiento. Con todo esto, se estimó que la duración de la ejecución del proyecto completo, incluyendo el montaje y desmontaje de andamios, sería de 16 semanas, siempre que la meteorología lo permitiese, ya que la ubicación del lugar de trabajo así como las operaciones a realizar eran especialmente sensibles a las condiciones meteorológicas.

Esto fue un motivo fundamental para considerar que la época más apropiada sería durante los meses de verano, por ser la época de mayor estabilidad, pero también por evitar interferir con el calendario de festividades religiosas de la Catedral, y para reducir el impacto medioambiental (especialmente por evitar la época de anidamiento y cría del cernícalo primilla en la Giralda).

El cronograma propuesto fue presentado ante los medios de comunicación por el Director General de Bienes Culturales, anunciando incluso el compromiso de dejar libre de andamios la Giralda para la festividad de la Virgen de los Reyes del 15 de agosto.



Con los condicionantes expuestos no hubo mas remedio que encajar el cronograma entre el final del periodo de anidamiento de los cernicalos, es decir, principios de mayo, y la festividad de la Virgen de los Reyes.

Cabe reseñar que debido a diversos contratiempos ajenos al equipo técnico, las obras empezaron con cerca de 3 semanas de retraso, lo que finalmente no causó ningún retraso en la fecha de finalización del proyecto, gracias a la profesionalidad, tesón, interés y dedicación (llegando a veces a la extenuación física y psíquica) de todas y cada una de las personas y empresas involucradas en la ejecución del mismo, ya fueran operarios, técnicos, o funcionarios del IAPH y la Dirección General de Bienes Culturales, independientemente de la presión mediática y política sobre plazos y fechas.

En el resto de este capítulo se irán detallando los aspectos más significativos y las actuaciones llevadas a cabo durante los trabajos de retirada de la Réplica y reposición del Giraldillo, así como los trabajos complementarios, que hasta ahora se han descrito someramente, esperando que sirva para ilustrar y difundir la complejidad, singularidad y belleza del trabajo desarrollado, que fue mucho mas allá del izado de una figura de bronce.

## 10.2. Sistema de andamiaje

La redacción de un proyecto de Andamiaje que definiera las características del que habría de instalarse en la Torre del Giralda como plataforma de trabajo durante las operaciones de retirada de la Réplica y colocación del Giraldillo se consideraba prioritario, puesto que era la base que tendría que sustentar las actuaciones de los diferentes equipos de trabajo que intervinieran en los procesos antes citados y al mismo tiempo servir de vía de acceso a la figura, en las debidas condiciones de seguridad.

Si bien en 1996 prevaleció la utilización del andamiaje como medio auxiliar para la bajada del Giraldillo original hasta la azotea

de las Azucenas, el diseño actual se basaba en utilizar el mismo únicamente como plataforma de trabajo y medio de acceso a lo más alto de la Torre, dado que los procesos de bajada de la Réplica y subida del Original se realizarían con la ayuda de una potente grúa móvil, lo que permitió aligerar el diseño del andamio. En cualquier caso, el diseño del andamio debería ser realizado en función de las necesidades de los trabajos. Otro factor que jugaba a favor de la ligereza del andamio a instalar, radicaba en la evolución de los sistemas de andamiada desde 1996. Si en aquella ocasión se montó un sistema de andamios de tubos y marcos con fijación de grapas, el andamio que ahora se proponía montar era de los denominados modulares y multidireccionales, que frente a los anteriores presentaban múltiples ventajas.

El andamio debía permanecer instalado un periodo de tiempo de 16 semanas según el cronograma propuesto por el equipo técnico de los trabajos de reposición del Giraldillo. La elección de los meses de verano favoreció muchísimo las tareas de montaje, así como la propia utilización del andamio, dada la lógica estabilidad climatológica de estos meses, algo con lo que no se contó en el montaje de 1996-1999, cuando rachas de viento superiores a los 100 Km/h. provocaron un movimiento de torsión que desplazó temporalmente 11 cm el andamio en relación al eje de la Torre. Con el tipo de andamio ahora propuesto (multidireccional-modular), no habría sido fácil que se produjera ese movimiento.

Si bien en este montaje no tuvimos graves contratiempos por acción de los factores meteorológicos, sí cabe destacar tres circunstancias: la primera de ellas, muy puntual, fue la aparición de una tormenta eléctrica seca, que hizo saltar todas las alarmas para bajar al personal del andamiaje, algo que ya habían organizado los propios trabajadores según las directrices de seguridad que tenían. Las otras dos fueron una constante durante el tiempo que permaneció montado el andamio y fueron las altas temperaturas y los vientos, sobre todo los de levante, que sin llegar a ser importantes para la andamiada, hacían en ocasiones muy penoso el trabajo de los operarios.

Figura 10.1. Andamiada completamente instalada.

(Foto: Mario Solís)

Figura 10.2. Detalle del andamio multidireccional-modular instalado.

(Foto: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas y Joaquín Martín)



### 10.2.1. Características del andamio y su diseño

El andamio propuesto debía cumplir con los requisitos de los denominados de clase 3 según la Norma UNE 76-205-90, y era prioritario para todo el equipo técnico que contara con cuantas homologaciones contrastadas estuviesen vigentes.

Se optó por una andamiada basada en la utilización de un andamio modular y multidireccional, que, compuesto básicamente por 4 cuerpos o torres simétricas según los dos ejes de la Torre y arriostrados entre sí, arrancaran apoyados en el Cuerpo del Pozo y se elevaran verticalmente en una primera instalación hasta el Cuerpo del Penacho. En este nivel el andamio se retranquearía un metro hacia el eje de la Torre para adaptarse lo más posible a la misma y continuar así hasta la coronación del mismo a la altura del lábaro de la Veleta. En la cara Este se mantendría sin embargo la vertical del cuerpo de arranque, de tal manera que en esa cara se pudiera instalar una escalera interior y además constituir una plataforma donde instalar el pequeño elevador de obra que habría de situarse en la plataforma a ubicar en el nivel de la Veleta. La escalera interior del andamio facilitaría a los montadores y al equipo técnico el acceso al cuerpo de la Veleta, estando convenientemente protegidos en sus desplazamientos verticales.

Desde el Cuerpo del Penacho y hasta el nivel de la Veleta, los cuatro Cuerpos se unirían al hacer coincidir el vertical interior de cada Cuerpo con el del contiguo formando un espacio en torno al Giraldirlo de 3,00 x 3,00 m.

Unos de los condicionantes más estudiados en el proceso de diseño del andamio fue el de dotar a su cuerpos superiores de condiciones de variabilidad y adaptabilidad a cada una de las fases de los trabajos. Así, las plataformas de trabajo podrían elevarse o bajarse fácilmente, al igual que sería posible la instalación de una estructura portante que sostendría el elevador manual para manipular la bola y la peana, o la colocación de plataformas auxiliares necesarias para el montaje del lábaro y la palma.

Tanto para el diseño como para el uso del andamio tuvieron que ser tenidos en cuenta el muy reciente RD 2177/2004, especialmente la justificación del nuevo apartado 4 del anexo II del RD 1215/97 relativo a las disposiciones concernientes a la ubicación de los equipos de trabajo para la realización de trabajos temporales en altura.

El montaje se desarrolló sin incidencias y según el esquema del proyecto a excepción de una modificación que se estimó “in situ” y que consistió en trasladar la escalera de comunicación vertical a la cara Sur, por considerar que en dicha ubicación tendría menos incidencia la acción de los vientos.

Indirectamente se mejoraba también la seguridad subjetiva del usuario del andamio ya que no es lo mismo ascender con un desnivel visual de 100 m, sobre la Plaza Virgen de los Reyes (solución Este), que hacerlo con el referente visual de las cubiertas de la Catedral (solución Sur).

Otra modificación con respecto al diseño inicial, fue la de aumentar las dimensiones de la plataforma de trabajo colocada a nivel de la peana, mediante la colocación de ménsulas en las cuatro esquinas de la andamiada. De esta manera se facilitaba la circulación y el espacio disponible para las maniobras.

Con fecha 19 de mayo de 2005, la empresa montadora comunicó el final de la instalación; el 21 de mayo la dirección técnica procedió a revisar la misma, y, previa corrección de algunos aspectos, fundamentalmente mejoras de los arriostramientos, autorizaron el uso del mismo para el fin que se había diseñado. A partir de esta fecha comienza el ascenso de técnicos y operarios para realizar los primeros contactos con la Réplica e iniciar los trabajos previstos en el proyecto. No dejó de ser curioso que a pesar de que muchos de los técnicos habíamos vivido el otro andamio, los primeros días aun sentíamos esa sensación de “suelo inestable” que rápidamente desapareció, observándose en el caso de algunos de los miembros del equipo una autentica adaptación al medio “andamio” a medida que transcurría el tiempo.

Cabe destacar la importancia de la red de protección que se colocó para evitar la caída de objetos y herramientas, desde el punto de vista de la seguridad “subjetiva”, que ofrecía el andamio a sus usuarios. Fueron muchos los que no pudieron continuar el ascenso desde el Cuerpo del Pozo, hasta que ésta estuvo completamente instalada. Realmente ofrecía una mayor “sensación” de seguridad más que una mejora real de la misma, pues ya el propio andamio resultaba totalmente seguro por sí mismo.

Para la utilización del andamio por parte de los operarios se difundieron una serie de medidas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud, redactado por la empresa contratista. Fue objetivo de la Dirección Técnica la continua observación de los principios de prevención, por lo que se estableció una recurrente información acerca de los riesgos que suponían en sí mismo el andamio y las tareas a realizar. Estas charlas se repetían incluso a aquellos que nos visitaban, ajenos a los trabajos que se desarrollaban.

Independientemente del uso para el que fue proyectado, la realidad fue que la visita al andamio se convirtió en un objetivo para muchas personas, que habiendo estado involucradas en el proceso de restauración, no querían dejar pasar la oportunidad de disfrutar de la Réplica y Giraldo a esa altura y con una panorámica desconocida de la ciudad.

También fueron algunos cuantos los visitantes “ajenos” que se atrevieron con las 34 rampas, los escalones, la escala del Pozo y los ocho Cuerpos de andamio, literalmente volados sobre la plaza Virgen de los Reyes, y el vértigo.

Cabe destacar dos visitas de las que guardamos un agradable recuerdo, una la de un grupo de inspectores de trabajo, que reconocieron el andamio como un elemento seguro y con los riesgos controlados, lo cual nos llenó de satisfacción y la de una persona cercana, de cierta edad del que esperábamos que como mucho llegara a las Azucenas, pero que inició el camino con un “ voy a subir como un viejo para llegar como un joven” y así llegó



dándonos una lección de constancia y tenacidad a todos los que cada día subíamos a la carrera para pasar luego unos minutos reponiéndonos del esfuerzo.

Figura 10.3. Instalación auxiliar en el andamio para el movimiento de la tinaja y la peana.  
(Foto: José Manuel Acebes Ruiz)

### 10.2.2. Instalaciones Auxiliares del Andamio

Se instalaron dos elevadores eléctricos, para la subida y bajada de los elementos del propio andamio y de los materiales y herramientas necesarios para todo el proceso. El primero se instaló en la azotea de las Azucenas, justo en la vertical de la Puerta de Palos, y el segundo en la plataforma superior del andamio.





Figura 10.4. El aspecto de la Réplica en 1999 y en 2005.  
(Foto: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas)

Cabe destacar la incidencia que el viento tiene en esta operación de subida y bajada de material, ya que un movimiento descontrolado de estos materiales en el proceso, podía poner en peligro la carga y producir daños en los paramentos de la Giralda.

El último punto a considerar en relación a los medios de elevación, es el del “ingenio” que se hizo para la colocación de la bola y la peana, que repite en esencia el concepto utilizado en 1997 para el desmontaje del Giraldillo. Se trata de una estructura conformada por vigas de celosía y convenientemente arriostrada, sobre la que se monta un traste manual que permite realizar los movimientos verticales necesarios para la colocación de bola y peana.

### 10.2.3. Protección de los elementos de la Giralda

En previsión de posibles daños que pudieran producirse en elementos de la Torre por acción de los elementos metálicos de arriostramiento del andamio, se interpusieron diferentes materiales amortiguadores entre los tubos que constituían los collarines de arriostramiento y los elementos pétreos y de ladrillos de la Torre. Los materiales a emplear como amortiguación fueron fundamentalmente tabazón de madera y planchas de goma y/o neopreno, utilizándose cada uno de ellos en función del caso concreto. Con esta medida se logró evitar el contacto y los consiguientes deterioros que cualquier elemento del andamio hubiera podido producir sobre la Torre en el supuesto de pequeños movimientos del mismo por acción del viento

### 10.3. Trabajos de inspección previa

Una vez que estuvo completamente instalado el andamio y autorizado su uso por parte de los responsables del mismo, se comenzaron las tareas de inspección de la escultura y su soporte como paso previo a la bajada de la Réplica. Lo primero que impresionó ya en lo alto del andamio, fue el cambio que la figura había sufrido desde que fuera allí colocada una fría mañana de invierno en enero de 1999: su piel dorada y brillante había dejado paso a una patina pardusca y mate y eran muchos los signos de oxidación y corrosión que sobre ella aparecían, detectando incluso una notable reducción en su capacidad de giro. No en vano habían pasado más de seis años.

Inmediatamente comenzaron los trabajos previos que, entre otras cosas, comprendían el análisis del estado de la tornillería que lo mantenía unido a la torre, del sistema de instrumentación, y del alcance de la oxidación y sus posibles causas, información que se consideraba muy valiosa para los futuros trabajos de reposición del Giraldillo original.

En efecto, el perno de giro original, instalado en la restauración del año 1770, y parte de la estructura soporte habían sido modificados o sustituidos por otros de nueva factura y de dimensiones diferentes, adaptados a la funcionalidad de la Copia. La determinación exacta de tales elementos de soporte y unión de la Veleta a la obra de fábrica de la Torre resultaba necesaria para poder diseñar un nuevo vástago o eje de giro para soportar y encajar en el cojinete de El Giraldillo original.

Una vez decidida la geometría del nuevo perno y elementos de soporte (véase el apartado correspondiente a su diseño) era necesario comprobar el estado de aquellas estructuras que iban a mantenerse en el nuevo conjunto de soporte. También era necesario establecer una especificación de las actuaciones a realizar sobre tales elementos de soporte que se iban a mantener.

Una parte importante de los elementos que constituían la estructura interna y estructura soporte de la copia habían sido fabricados en acero inoxidable. Estos aceros muestran generalmente un inmejorable comportamiento frente a la corrosión atmosférica, sobre todo en ambientes urbanos no excesivamente contaminados, como el que cabe esperar a la altura a que se encuentra la Veleta. No obstante, en su inspección se detectó que, localmente, estos elementos de acero inoxidable mostraban una ligera corrosión con manchas de herrumbre. Fenómenos del tipo observado pueden ocurrir cuando piezas de este material son manejadas, mecanizadas o golpeadas con herramientas o instrumentos de acero al carbono, lo que contamina la superficie del inoxidable y acaba induciendo fenómenos corrosivos. A este hecho, generalmente bien conocido por los profesionales, no suele dársele importancia debido a que no reviste especial gravedad cuando la pieza de inoxidable puede ser accesible o está en un ambiente muy poco corrosivo. Este no es el caso del Giraldillo, poco accesible y cuya restauración se pretende que sea, al menos, tan duradera como la acometida por nuestros antepasados en 1770. Por ello, en talleres especializados en este tipo de aceros es común proceder a un decapado, es decir, a una limpieza química

profunda de la construcción, una vez terminada y antes de su puesta en obra, cuidando de evitar durante el montaje cualquier contacto con herramental de acero al carbono.

Para la limpieza de las piezas de inoxidable que fuesen a permanecer en la nueva instalación se indicó el uso de un decapante industrial de acero inoxidable atendiendo a las recomendaciones sobre tiempo de aplicación del decapante, temperatura de aplicación y limpieza final con agua abundante. También se especificó la aplicación de un pasivante, como último paso de la actuación sobre el acero inoxidable, lo que incrementa la resistencia a la corrosión de estos aceros. El pasivante usado fue también un producto comercial aplicado de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Los elementos de acero inoxidable que se mantenían eran, básicamente, unas barras paralelas al vástago y que, en la estructura soporte de la copia, habían servido de fijación para la tinaja. Estas barras se encuentran a la altura del óculo pétreo



Figura 10.5. Preparativos e instalación de los medios para los trabajos de bajada de la Réplica e izado del Giraldillo.

(Foto: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas)



Figura 10.6. Las dos barras de menor diámetro a los lados del vástago servían para soportar la tinaja de la Réplica.

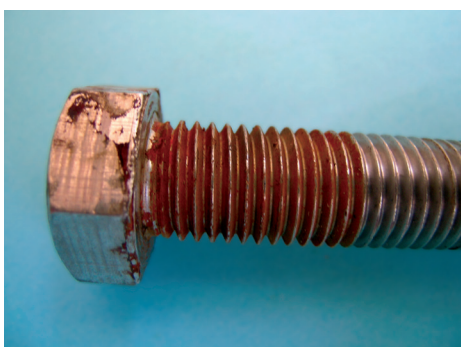
Figura 10.7. La unión eje de la Torre/vástago de la Réplica, en el momento de iniciarse el izado de ésta. La brida de acero al carbono (1998-2005) sobre la que habría de apoyarse el nuevo vástago mostraba signos de corrosión en el desmontaje.

(Fotos: José M<sup>a</sup> Gallardo)



Figura 10.8. (a) La superficie frontal de la brida del eje de la Torre (1998-2005) estaba fuertemente corroida. Presentaba un ampollamiento generalizado de la pintura, bajo la que se acumulaban abundantes y voluminosos óxidos e hidróxidos de hierro. (Foto: Mario Solís)

Figura 10.8. (b) Los tornillos de acero inoxidable que se desmontaron también presentaban abundantes restos de óxido. (Foto: José M<sup>a</sup> Gallardo)



del Cuerpo del Penacho y por su difícil accesibilidad resultaba complicado eliminarlas en su totalidad. En todo caso, tales barras no ejercen ninguna función resistente o estructural en la nueva estructura soporte.

De mayor importancia resultaba la inspección de los elementos estructurales que constituían el vástago de soporte de la veleta a la obra de fábrica de la Torre. Resultaba poco práctico diseñar una estructura soporte completamente nueva. Téngase en cuenta que

el perno de El Giraldillo es un eje que, en diversas piezas o tramos, recorre los cuerpos renacentistas de La Giralda hasta quedar atirantado en su parte inferior por el peso de la campana del Cuerpo del Reloj. En total son más de diecisiete metros.

La decisión tomada (véase apartado correspondiente al diseño del vástago) mantenía la estructura existente hasta una cota unos sesenta centímetros por encima de la obra de fábrica de La Giralda. A dicha altura se encuentra una brida en el perno existente en el año 2005, que permite realizar una unión rígida con el nuevo tramo superior del eje de giro de la Veleta.

La brida y el tubo que forma el vástago mostraban una importante corrosión, incluso antes de su desmontaje, evidenciando que estaban fabricados en acero al carbono. Hay que tener en cuenta que este elemento había sido instalado al tiempo que la Réplica, es decir, tenía una vida en servicio de siete años. Para esta pieza habría de llevarse a cabo un estudio de las causas que habían producido tal corrosión, de forma que pudieran arbitrarse medidas que evitaran la repetición del fenómeno en el futuro. El aspecto de la pintura, ahuecada y con abundante óxido subyacente, ponía de manifiesto la falta de impermeabilidad de la capa aplicada, lo que podría achacarse inicialmente a su carácter poroso o poco espesor, si bien esto no parece corresponderse con las observaciones realizadas. Más probable es que la limpieza previa de la pieza de acero al carbono no se realizase correctamente antes de pintar, por lo que una vez aplicada la pintura el óxido cubierto por la misma, en un proceso de hidratación o alteración, aumentase de volumen, agrietando la pintura y facilitando un incremento de la corrosión. Además del fenómeno reseñado, también podría haber contribuido a la corrosión observada la existencia de otros factores. Así, por ejemplo, un mal cierre o ajuste entre las dos bridas permitiría la filtración de agua entre las mismas, lo que constituye una situación típica de corrosión en resquicios. Por otra parte, la posible escorrentía de sales cúpricas procedentes de la Veleta sobre la pieza de acero al carbono también podría acelerar la corrosión. Estos procesos habrían de ser tenidos en cuenta para especificar la protección de esta pieza.



En primer lugar, para conocer el carácter de los óxidos formados y la presencia de iones cobre, se tomaron muestras de los óxidos y los depósitos existentes sobre la brida en el momento de la retirada de la copia de la Veleta. También se tomaron muestras de los óxidos formados bajo la capa de pintura. Estos productos se analizaron mediante difracción de rayos X y por energía dispersiva de rayos X en un microscopio electrónico de barrido. Los análisis revelaron que se trataba fundamentalmente de óxidos hidratados de hierro con una muy pequeña cantidad de sales de cobre. No se considera que las escorrentías, por tanto, puedan haber tenido un papel fundamental en los fenómenos corrosivos observados, aunque siempre será aconsejable realizar todos los esfuerzos para evitar que aguas cobrizas de lavado de la escultura puedan quedar retenidas sobre elementos de acero al carbono.

Asimismo, tras una somera limpieza, se comprobó que la superficie de la brida no había sido limpiada en profundidad antes de pintarla, pues conservaba los óxidos adherentes formados durante el oxicrote del plato que forma la brida. Tampoco la superficie de dicho plato mostraba una planitud suficiente como para asegurar un cierre perfecto con la brida del eje de giro de El Giralillo.

Era evidente que esta parte “antigua” (1998-2005) del eje de la Giralda y su brida habrían de ser sometidos a una cuidadosa preparación, una vez desmontada la Copia, para evitar la repetición de la corrosión observada.

#### 10.4. Desmontaje de la Réplica

Durante 3 semanas se convivió con la Réplica, o la Copia, el Otro, el Falso, el Clon, el Gemelo, nombres con los que la prensa local se encargó de bautizar a esta escultura que tal y como su escultor decía en el libro “Giganta de Sevilla” no hizo otra cosa “... que aprender de su hermana mayor a repartir la buena brisa a todos los sevillanos de bien...” por lo que en ningún momento debió

considerársela como una impostora, sino mas bien como una meritoria sustituta, que con el tiempo ha demostrado que hizo un buen trabajo, por lo que sus dueños la premiarían con una plaza vitalicia en la puerta del Príncipe de la Catedral.

Cuando se consideró que la fase de auscultación de la Réplica estaba finalizada, se inició el proceso de elección de la fecha de bajada. Para ello, además de ser necesario coordinar la disponibilidad de la grúa, las actividades a realizar por parte de las empresas participantes en la operación, limitar convenientemente la actividad turística de la Catedral, etc, resultaba imprescindible intentar conocer las condiciones meteorológicas puesto que éstas eran un factor determinante en las operaciones. Los trabajos a realizar sobre el andamio y las maniobras de la enorme grúa necesaria para realizar la operación se verían imposibilitados en caso de lluvia (cosa realmente poco frecuente por esas fechas) o en caso de una velocidad de viento superior a 9 m/s (aproximadamente 30 km/h) según las recomendaciones del fabricante de la grúa (realmente la operación se abortaría con una velocidad inferior, en base a la dificultad de los trabajos y la responsabilidad que suponía realizar un trabajo sobre un elemento histórico, a mas de cien metros de altura y sobre las cabezas de una masa de espectadores).

Para intentar conocer mejor esas condiciones meteorológicas, se contactó con la delegación territorial del Instituto Nacional de Meteorología (INM) en Sevilla, quienes prestaron una inestimable colaboración a la hora de definir las posibles fechas para la operación.

Es importante destacar que la velocidad del viento resulta ser una variable de muy difícil predicción, puesto que varía localmente y se ve afectada por condicionantes como la altura, que en nuestro caso jugaba un papel muy importante.

Así, se era consciente de que la fiabilidad de la predicción aumentaría a medida que se aproximara el día elegido para las

operaciones, y que no resultaría fácil predecir con seguridad las condiciones meteorológicas del día hasta que éste no llegase.

Finalmente, se eligió la fecha del miércoles 15 de junio para realizar la bajada. La elección de la fecha se realizó en base a las predicciones del INM, que adelantaba para esa fecha un día sin viento. Aun así, la preocupación surgió la tarde de la víspera, pues la sensación de viento en el andamio era alta y así se pudo comprobar con el anemómetro de la grúa que llegó a marcar rachas de viento cercanas a los 7– 8 m/s, valores por encima del límite de seguridad fijado para la maniobra.

Los preparativos para los trabajos se iniciaron, como ya se ha indicado, la semana anterior a la del 15 de junio, fundamentalmente en lo relativo a la planificación de la fecha, aunque no fue hasta el lunes 13 cuando se comenzaron las tareas de instalación de la grúa, que habría de ayudar a bajar la Réplica hasta la plaza Virgen de los Reyes.

Para la instalación de la grúa fue preciso cerrar el paso peatonal a la plaza Virgen de los Reyes, y limitar los aparcamientos en la calle Alemanes, dadas las características y dimensiones de los trailers y grúas auxiliares necesarias. El montaje obligó igualmente a coordinar con la Gerencia Municipal de Urbanismo de Sevilla la ocupación de la zona existente en la plaza Virgen de los Reyes y plaza del Triunfo, que se encontraba en obras de reurbanización.

El día 14 por la mañana se realizó una reunión de coordinación de las operaciones, a la que acudieron los encargados y operarios de las distintas empresas que habrían de intervenir a la mañana siguiente, técnicos del IAPH y la dirección técnica de las obras. El objeto de dicha reunión fue definir con exactitud y en base al proyecto, todas y cada una de las maniobras a realizar, las personas que desarrollarían cada tarea y sus funciones. Se prestó especial atención al dimensionado del equipo de trabajo en el andamio, ya que la superficie del mismo era limitada y era imprescindible que allí arriba sólo estuvieran personas con tareas claramente

definidas. Así mismo se definieron los sistemas de comunicación y coordinación entre la Torre y la plaza.

La reunión finalizó con un análisis compartido por los presentes acerca del plan de seguridad de los trabajos. Se analizaron y evaluaron los riesgos controlados y los que pudieran no estarlo, se definieron las medidas preventivas de cada fase, asignando cada empresa un responsable de seguridad. En este aspecto es importante destacar el alto grado de implantación de sistemas de gestión de la seguridad y salud que presentaban las empresas intervinientes.

Durante la mañana se continuaron realizando trabajos en lo alto de la Torre: se vendó la Réplica con mallas de algodón y se procedió a probar el desapriete, uno a uno, de todos los tornillos que mantenían unida la Réplica a la Torre. Esta comprobación se estimaba crítica y necesaria en previsión de agarrotamientos de tuercas y tornillos el día de la bajada. Finalmente todos los tornillos pudieron ser liberados, algunos con más esfuerzo que otros, eliminando de esta manera un factor sorpresa para la mañana siguiente.

A las 15:00 horas quedó completamente montada y operativa la grúa, y por la tarde se realizó la prueba de aproximación de la grúa a la Torre en previsión de que todos los movimientos estuviesen perfectamente definidos para la mañana siguiente. Se aprovechó la subida al andamio para dejar colocadas sobre la Figura las eslingas que habrían de servir para colgarla de la grúa en el proceso de bajada, con lo cual se daban por finalizados los preparativos para las operaciones de bajada.

El 15 de junio, a pesar de la incertidumbre del día anterior, amaneció como todos esperaban, radiante y sin prácticamente viento. La cita era a las siete en la plaza, donde todo estaba organizado para iniciarse los trabajos. Allí se congregaron en torno a 300 personas y numerosos medios de comunicación dispuestos a seguir de cerca las operaciones.

Una vez el equipo del andamio estuvo dispuesto, se iniciaron las operaciones con la subida en vacío de la pluma de 118 metros de la enorme grúa, para auxiliar a un operario, que encaramado en lo mas alto de la Figura fue el encargado de retirar el banderín de la Velela. Una vez depositado el banderín sobre la plataforma del andamio, se procedió a enganchar el lábaro a la grúa como paso previo a la separación del mismo de la Figura. Una vez liberada la unión a eso de las 8:15, la grúa lo bajaría hasta la plaza en algo menos de tres minutos.

Mientras, en el andamio se procedía a la fijación del vástago a la Figura mediante el empleo de cables de acero, a fin de que, durante la bajada, eje y Figura lo hicieran como un cuerpo único, puesto que conviene recordar que la Figura estaba literalmente ensartada en el vástago.

Una vez depositado el lábaro en la plaza, la grúa ascendió nuevamente para hacerse cargo esta vez de la Réplica. Una vez enganchada ésta a través del sistema de cinchas colocado la tarde anterior, se procedió al tensado del sistema de cuelgue y a la colocación de unos cabos guías en previsión de que una vez liberada la unión atornillada que mantenía unida a la Figura con la Torre, hubiera que ayudar a dirigir la Velela ante algún posible balanceo.

Se aflojaron los tornillos de forma progresiva y, una vez quitado el ultimo, la Réplica quedó libre de la Torre y suspendida de la grúa sin que el desplazamiento de la Figura con respecto al eje de la torre sobrepasara los 15-20 cm, por lo que realmente no fue necesario la utilización de los cabos de guiado. Se procedió al izado de la misma unos 40-50 cm a fin de que por parte del equipo técnico pudieran recogerse muestras inalteradas del oxido existente entre las dos bridas, puesto que se estimaba que aportaría datos importantes que ayudarían a diseñar el nuevo vástago.

Finalizada esta toma de muestras, a las 8:58 de la mañana, seis años, cuatro meses y diecisiete días después de su colocación, la Replica, la Copia, el Otro, iniciaba su descenso hasta la plaza



Figura 10.10. Bajada de la Réplica.

(Foto: Mariano Asuero)

Figura 10.9. (a) (b) Mientras la Réplica se encontraba suspendida de la grúa se tomaron muestras de los productos de alteración depositados bajo el vástago (1998-2005) de acero inoxidable de la Réplica.

(Fotos: Mario Solís)





de la Virgen de los Reyes, en un vuelo de algo menos de cinco minutos y que la casualidad quiso hacer coincidir con el repique de las campanas de la Giralda a las nueve de la mañana, como único gesto de agradecimiento por los servicios prestados.

El momento de la llegada de la escultura a la plaza Virgen de los Reyes fue uno de los mas difíciles de la operación, ya que incluso llegó a preocupar la integridad de la figura, puesto que la maniobra de colocar la Réplica en posición horizontal resultó tremendamente complicada debido a la trabazón que las eslingas producían sobre la cabeza de la figura cuando se intentaba voltear ésta para depositarla en el soporte especialmente habilitado. Finalmente el análisis pausado del problema hizo plantear una maniobra alternativa con la que finalmente se alcanzó el objetivo.

El paso siguiente fue la retirada de la parte inferior de la falsa bola que aún permanecía encajada en el eje de la Torre, maniobra que se realizó sin ningún tipo de problema, para acto seguido subir hasta el andamio la bola y peana originales, con idea de proceder a su colocación con anterioridad a la fecha de reposición del Giraldillo.

Bola y peana fueron colocadas con la ayuda de la grúa sobre el eje de la Torre que sobresalía del Cuerpo del Penacho, hasta que días después hubieran de moverse (ya por medios manuales) durante los procesos de adaptación y construcción del nuevo vástago.

A las diez y media de la mañana se dieron por finalizadas las operaciones de desmontaje de la Réplica, la cual había salido media hora antes recostada sobre un camión hacia los almacenes del Cabildo, donde habría de esperar unos meses la construcción de su nueva ubicación en la Puerta del Príncipe.

Cabe destacar que todas las operaciones de retirada de la Réplica se adaptaron a lo previsto en el proyecto.

Finalizadas las operaciones hubo regocijo general en los medios políticos y en la prensa, no quizás tanto por la retirada de esta Réplica sino porque se abría verdaderamente el camino de vuelta a casa del Giraldillo original, aunque las declaraciones de unos y las estimaciones de otros sobre las posibles fechas de la reposición hacían temblar al equipo técnico, que ya se encontraba inmerso en las tareas de construcción del nuevo vástago como paso previo y necesario para el montaje de la figura original.

## 10.5. Construcción del nuevo vástago de estructura soporte sobre la torre

### 10.5.1. Diseño mecánico

Para colocar el Giraldillo original sobre la torre de la Giralda resultaba necesario el diseño, construcción y montaje de una nueva estructura soporte, similar a la estructura de sustentación que disponía antes de ser sustituido por la Réplica (que databa de 1770), y también similar a la de ésta.

Históricamente, el Giraldillo ha descansado y girado sobre un eje que se une a la estructura de piedra de la Torre. Se entiende como vástago o eje del Giraldillo la parte que queda por encima de la cruceta o arriostamiento superior del cuerpo del Penacho de la Giralda. Por debajo de esta cruceta, el vástago se divide en varios tramos de distintas épocas y secciones, prolongándose hasta la cúpula del cuerpo del Reloj, de donde cuelga una gran campana. Se une a la estructura de piedra de la torre a distintas alturas, mediante crucetas de arriostamiento transversal que se unen a aros que abrazan el perímetro externo de la Torre y que se conocen como “tamboretas”. En total existen 3 elementos de arriostamiento (tamboretas) de este tipo: dos de ellos se encuentran ubicados en el cuerpo del Penacho, mientras que el tercero está en la parte inferior del cuerpo Redondo.

Durante los trabajos de instalación de la Réplica, se sustituyeron todos los elementos del vástago que quedaban por encima del cuerpo del Pozo, incluyendo los dos arriostramientos del cuerpo del Penacho. Para la colocación de estos arriostramientos superiores fue incluso desmontada la cúpula de piedra del cuerpo del Penacho, que fue posteriormente reconstruida con las piezas originales, respetando la forma y colocación original de los elementos, lo cual constituyó un esmerado y meritorio trabajo de restauración.

El vástago de la Réplica se apoyaba pues sobre el arriostramiento superior del Cuerpo del Penacho, y se dividía en dos tramos: uno inferior que se unía rígidamente a dicho arriostramiento y otro superior que era el que entraba en el interior de la escultura, acoplándose con la estructura interna de barras de ésta y disponiendo en su extremo superior del cojinete de giro necesario para hacer la función de veleta.

La unión entre ambos tramos del vástago consistía en una unión embreada que se encontraba en el interior de la “falsa bola” que sustituía a la original (se trataba de una estructura esférica desmontable, compuesta por varias piezas de chapa y un pequeño esqueleto interno de pletinas de acero, que permite por tanto el acceso a su interior, mientras que la pieza original es una esfera de bronce, hueca pero de una sola pieza).

Se puede decir por tanto que, para la reposición del Giraldirillo, se partía de una estructura base de reciente construcción y diseño moderno, que debía ser conservada en la medida de lo posible, ya que cualquier modificación sobre los elementos rígidamente unidos a la Torre supondría una intervención de gran envergadura sobre la obra de fábrica de la misma.

El tramo superior del vástago de la Réplica resultaba inservible para el Giraldirillo original, ya que su diámetro resultaba incompatible con su estructura interna de barras. Además, el análisis de la respuesta del conjunto del Giraldirillo ante un posible movimiento

sísmico, realizado durante su proyecto de restauración en primer lugar, y después durante la elaboración del documento proyecto de reposición sobre la Giralda, demostraba la necesidad de disponer de un vástago de mayor rigidez que el que hasta ese momento sostenía a la Réplica.

Así pues, dicho tramo superior debía ser sustituido por otro más adecuado, mientras que el tramo inferior y su empotramiento sobre la torre podrían ser conservados, lo cual parecía lógico dado que se trataba de elementos de diseño y construcción reciente. No obstante, se comprobaría durante la fase inicial de auscultación el estado de conservación de los distintos elementos y uniones, realizando los ensayos y reconocimientos que determinarían las actuaciones necesarias para contar con un punto de conexión Torre-Giraldirillo en las condiciones exigibles por la nueva estructura.

Por otro lado, la imposibilidad de acceder a la unión embreada del tramo inferior del vástago, empotrado en la torre, a través de la bola del conjunto del Giraldirillo original, obligaba a que durante el proceso de montaje de éste, se tuviera que realizar primero dicha unión antes de colocar la bola o cualquier otro elemento. Si el resto del vástago se construía de una sola pieza, como se hizo en el caso de la Réplica, esto obligaría a que quedase ensamblado en primer lugar todo el vástago y sobre él deberían ir insertándose posteriormente los distintos elementos (bola, peana y finalmente la escultura). Este procedimiento de ir insertando piezas sobre el vástago completamente ensamblado planteaba cierta incertidumbre, ya que necesitaba gran precisión en las maniobras y, aunque a nivel de suelo se habían realizado estas operaciones, no se disponía de experiencia en la realización de estos trabajos a más de 100 m de altura y sin visión directa del gruísta sobre la operación. Para garantizar el éxito de misma y a fin de evitar riesgos innecesarios, se recogió en el proyecto un diseño de vástago dividido en tres tramos, que simplificaría el proceso de montaje tanto del vástago como de la escultura. Los tramos en cuestión son los siguientes: el inferior, ya existente y que se

empotra en la torre y al que se conocía como el “eje de la Torre”, uno intermedio que llegaría hasta la parte superior de la peana y que se denominó “carrete”, y finalmente el tramo superior que penetraría en el interior de la escultura, ensamblándose con su estructura interna, llamado “vástago”.

Este último tramo acabaría en forma de punta, de forma parecida a como lo hacía el vástago colocado en 1770. Esta punta se mecanizaría de manera que reprodujera lo más fielmente posible la forma del alojamiento del cojinete de la escultura, ubicado en el travesaño superior de la estructura interna del Giraldillo.

La unión entre los tramos superior (vástago) e intermedio (carrete) se realizaría, al igual que la unión inferior, mediante un par de bridas, de distinto diámetro y espesor que aquellas, y abrochadas igualmente mediante 8 tornillos de acero inoxidable, también de distinto diámetro a los de la unión inferior.

Con esta disposición, se podrían ir realizando las uniones entre los tramos secuencialmente sin ningún tipo de problema. La secuencia de montaje sería la siguiente: primero se colocaría el carrete sobre el eje existente en la torre, después se insertaría

la bola y la peana, y finalmente se colocaría la escultura con el vástago ya introducido en su interior y fijado provisionalmente a su estructura interna hasta el momento de unirlo sobre la brida de apoyo del carrete.

Para el diseño y dimensionamiento de las piezas desde un punto de vista mecánico se utilizó el modelo de cálculo desarrollado durante el proyecto de restauración y sobre el que ya se habló en los capítulos 5 y 7 de este libro. Sobre él se analizaron los esfuerzos mecánicos que ha de soportar el vástago ante las distintas acciones externas ya comentadas en dichos capítulos, fundamentalmente las de viento y sismo, que son las más significativas para este elemento. El modelo también sirvió para realizar un análisis de pandeo global, que resultaba necesario para dimensionar el vástago, ya que se trata de un elemento de gran esbeltez.

A partir de los resultados obtenidos se establecieron unas dimensiones (tipo de sección) para cada uno de los tramos, quedando por definir exactamente la longitud de cada uno de ellos en el momento que se pudieran comprobar las dimensiones de la estructura base de la Réplica que quedaría accesible tras su desmontaje.

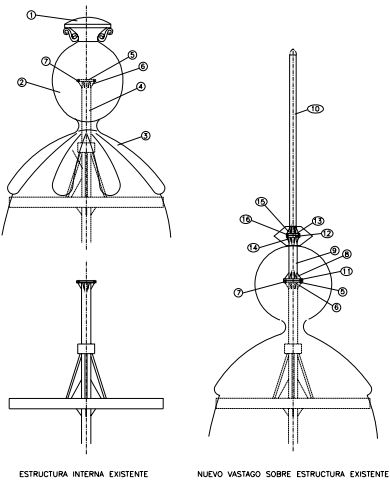
Para la implementación del diseño referido era necesario, en primer lugar, asegurar la conservación del tramo del eje de la Torre que había experimentado una fuerte corrosión y sobre el que habría de amarrarse el carrete.

Para conseguir un adecuado comportamiento frente a la corrosión de esta parte del perno se especificó su limpieza mediante decapantes comerciales que eliminaran todos los restos de pintura, seguido de un enjuagado con agua abundante. Además, la eliminación de los óxidos, incluso de los taladros para los tornillos de apriete, exigió el uso de una taladradora portátil. A continuación se procedió al mecanizado de la superficie de la brida para asegurar su planitud y, por tanto, su perfecto acople con la brida del nuevo eje de El Giraldillo, evitando así la entrada de agua o humedad entre ambas piezas.

Figura 10.11. Esquema de conexión de los nuevos tramos del eje (derecha) sobre la estructura soporte construida para la Réplica en 1998 (izquierda)

(Autor: Adec Integral de Proyectos)

16	Pernos, tuercas y arandelas	Acero inoxidable
15	Carteles	Acero inoxidable
14	Carteles	Acero al carbono
13	Plata de brida	Acero inoxidable
12	Plata de brida	Acero al carbono
11	Plata de brida	Acero al carbono
10	Nuevo vástago superior ("vástago")	Acero inoxidable
9	Nuevo vástago inferior ("carrete")	Acero al carbono
8	Carteles	Acero al carbono
7	Pernos, tuercas y arandelas	Acero inoxidable
6	Carteles	Acero al carbono
5	Plata de brida	Acero al carbono
4	Vástago existente ("eje de la torre")	Acero al carbono
3	Cuerpo del Penacho	Piedra
2	Tinaja	Bronce
1	Peana	Bronce
Nº	IDENTIFICACION	MATERIAL





Para completar la preparación superficial antes de pintar se llevó a cabo la limpieza mediante un equipo portátil de chorro de arena de la pieza, siendo complicado alcanzar una preparación mejor debido a la dificultad de acceder con un equipo industrial a la altura de 100 m sobre la plataforma de andamio.

Antes de proceder a la pintura de la pieza, se llevó a cabo una inspección por líquidos penetrantes de las soldaduras de la brida, el tubo y las cartelas, sin que se apreciaran indicaciones relevantes en el ensayo, por lo que se aceptó que en esta pieza no se habían generado agrietamientos superficiales como consecuencia de su proceso de fabricación o su uso durante sus siete años de servicio. También se determinó mediante ultrasonidos el espesor de pared del tubo, estimándose que tenía sección resistente suficiente. Finalmente, atendiendo también a la necesaria aplicación de la pintura de esta pieza “in situ” se especificó un esquema de pintura con un solo tipo de pintura, en concreto, de aluminio laminar, hasta alcanzar un espesor mínimo de 300  $\mu\text{m}$ , lo que se obtuvo después de aplicar varias capas, y fue comprobado mediante determinaciones no destructivas con un equipo de medición de espesores de recubrimiento.

El material elegido para el tramo intermedio del vástago (carrete), así como el de sus bridas, fue acero al carbono (St52), del mismo tipo que el del eje de la Torre existente. Para el tramo superior y su brida se escogió acero inoxidable (AISI 316L). Los elementos inferiores son de acero al carbono por ser de mayor resistencia mecánica. Sin embargo, en el tramo superior se hacía recomendable que el vástago fuese de acero inoxidable, por ofrecer mejor compatibilidad frente a la corrosión con la estructura interna del Giraldirlo y la propia escultura de bronce. El extremo superior del vástago es de acero inoxidable tratado térmicamente (AISI 420) para obtener una dureza similar a la del bronce del cojinete y evitar en la medida de lo posible su desgaste.

En cuanto al carrete, tras su fabricación por soldadura y mecanizado fue sometido a una inspección por líquidos penetrantes

Figura 10.12. (a) (b) Preparación de la brida de apoyo previa a su tratamiento de protección mediante el apropiado esquema de pintura. (a) Mecanizado de la cara superior de la brida del eje de la Torre para mejorar el asiento del carrete y dificultar la entrada de agua o humedad entre ambas piezas. (b) Los restos de pintura y óxidos en los taladros de la brida del eje de la Torre se eliminaron con ayuda de un taladro portátil.

(Fotos: Mario Solís)



Figura 10.13. Medición por ultrasonidos del espesor de pared en el tubo del eje de la Torre adyacente a la brida superior. Son visibles las barras de acero inoxidable que soportaban la bola de la Réplica, cuyo desmontaje resultaba innecesario y complicado.

Figura 10.14. Aplicación del revelador para la detección de grietas por líquidos penetrantes en el carrete.

(Fotos: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas)

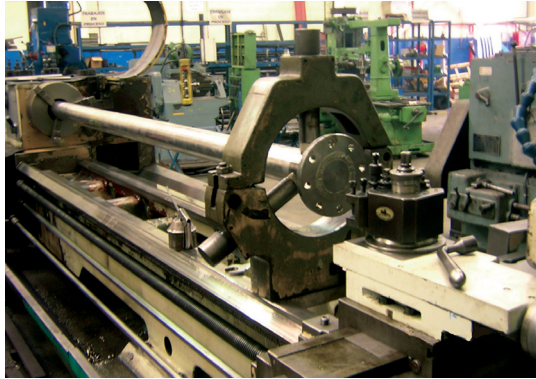


Figura 10.15. Proceso de fabricación del vástago de acero inoxidable.

(Foto: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas)

para asegurar la inexistencia de agrietamientos superficiales producidos durante su fabricación. El carrete fue chorreado en taller hasta grado SA2,5 y posteriormente pintado, también en taller, con pintura de aluminio laminar con un espesor total de pintura de, al menos, 250  $\mu\text{m}$ . Finalmente, una vez en su posición definitiva se retocaron algunos desperfectos en la pintura, volviendo a comprobarse el espesor especificado.

Atendiendo a los problemas detectados en los elementos que habían estado en servicio entre el año 1998 y su inspección al desmontar la Réplica, ya descritos en un apartado anterior, se tomaron todas las precauciones para que los nuevos elementos fuesen tratados e instalados adecuadamente para conseguir la mayor resistencia a la corrosión y su estabilidad durante un periodo lo más prolongado posible.

Así, para asegurar la estanqueidad de la unión entre el carrete y la brida del conjunto unido a la Torre, evitando la entrada de humedad que podría producir un efecto similar al observado en la estructura que soportaba a la Réplica, se haría uso de un sellante anaerobio comercial que genera, una vez polimerizado, una junta entre ambas piezas. Además, una vez montadas las bridas, se aplicaría una capa de resina epoxídica para reforzar el sellado de las bridas. Por otro lado, se procedió al decapado y pasivado de los tornillos de acero inoxidable que unirían el carrete a la brida del eje de la Torre. De esta forma, el 21 de julio de 2005 quedaban todos los elementos en su posición situados en La Giralda y listos para recibir a la Veleta original.

Las operaciones sobre el eje de la Torre hubieran resultado sencillas de haberse podido realizar en taller pero se complicaban notablemente por el hecho de realizarlas sobre el andamio, fundamentalmente debido a los vientos, el sol, el calor y la falta de costumbre de los operarios a trabajar a esas alturas.

Simultáneamente a los trabajos en la Torre, se había procedido a la fabricación del eje de giro de El Giraldillo, última parte

del vástago que habría de unirse mediante la correspondiente brida al carrete descrito en los párrafos anteriores. Varias razones impulsaron la elección del acero inoxidable AISI 316L para la ejecución de este elemento. Por un lado, debe tomarse en consideración que esta pieza se sitúa en el interior de la estatua de bronce y que, aunque sólo sea durante el montaje, puede tener contacto con dicha aleación base cobre; en todo caso, las escorrentías conteniendo cobre pueden fluir sobre el eje en caso de lluvia o condensación de humedad. En estas condiciones el acero al carbono no es resistente a la corrosión galvánica con el cobre o sus aleaciones, mientras que el inoxidable especificado tiene pocas posibilidades de resultar afectado por tal corrosión. Es cierto que el acero inoxidable tiene características mecánicas más pobres que el acero al carbono especificado en el carrete. No obstante, en la parte más alta del vástago las solicitaciones que se producen son menores en la parte superior que en la posición inferior, más alejada de la Veleta, donde se posiciona el carrete.

Para asegurar la ausencia de agrietamientos durante la fabricación por soldadura se realizaron ensayos no destructivos mediante líquidos penetrantes que mostraron la ausencia de indicaciones relevantes de fallos superficiales en la producción de este elemento.

Antes de su colocación en el interior de El Giraldillo para su izado a la cúspide de La Giralda se procedió a la limpieza mediante decapado y al pasivado del acero para asegurar su resistencia a la corrosión en el futuro.

### 10.5.2. Control de calidad. Ensayos

Ya se han descrito en un apartado anterior los ensayos no destructivos mediante líquidos penetrantes realizados para descartar la existencia de agrietamientos en las piezas soldadas. También se han mencionado las determinaciones de los espesores de pintura en aquellas piezas de acero al carbono que han sido protegidas por ese medio.

Otro de los ensayos realizados fue la determinación de la resistencia de los tornillos usados en las bridas de unión de los diferentes tramos del vástago. Para ello se ensayaron conjuntos tornillo/tuerca, usando un útil apropiado, en una máquina de ensayo que produce un esfuerzo creciente en sentido axial, hasta el fallo del conjunto. En los tornillos ensayados, todas las roturas se han producido por la caña del tornillo, no habiéndose observado roturas por arrollamiento o desgarró de los filetes del tornillo o la tuerca. Los resultados de los ensayos se incluyen el capítulo 6 de esta obra. Todos los tornillos ensayados cumplen la norma dentro del grado señalado.

Por último, también se llevaron a cabo medidas de dureza del cojinete mediante un durómetro portátil accionado por ultrasonidos. El conocimiento de tal valor de dureza daría algunas claves para elegir el material con el que fabricar la ojiva que se sitúa en el extremo del eje de acero inoxidable AISI 316L y que constituye una pieza separada de dicho eje. También para ayudar en la decisión se tomaron medidas de dureza de la ojiva del eje original de 1770. La discusión relativa a los elementos mencionados puede consultarse en el Capítulo 6.

En todo caso, dada la premura en la fabricación, montaje y colocación de todos los elementos de El Giralddillo, se optó por comenzar la fabricación de dos ojivas con materiales diferentes de distinta dureza, a saber, un acero inoxidable austenítico AISI 304 y otro, también inoxidable de tipo AISI 420, martensítico y de mayor dureza.

Es difícil tomar una decisión sobre el material más adecuado para producir el roce sobre el cojinete original fabricado en bronce campanil (con elevado contenido de estaño), ya que dicho material no es de uso común en los pares de rozamiento utilizados hoy día. Por ello, atendiendo a la más parecida dureza del acero martensítico respecto al bronce campanil se ha optado por montar la ojiva de este tipo de acero, según el principio de que la resistencia al desgaste está relacionada con la dureza y, por

tanto, en un par de rozamiento con dos metales de similar dureza no se producirá el desgaste preferencial y acusado de ninguno de los dos elementos, ojiva y/o cojinete.

Para asegurar el buen funcionamiento del conjunto se midieron finalmente los pares de giro necesarios para producir el movimiento de la veleta, habiéndose encontrado valores máximos del orden de 115 N·m, lo que es significativamente inferior a los valores que se midieron en el propio Giralddillo antes de su restauración.

## 10.6. Montaje del original y finalización del proyecto de reposición

### 10.6.1. Los Trabajos previos

El proceso de reposición del Giralddillo original no se pudo realizar hasta que todas y cada una de las piezas que conformaban el conjunto del vástago estuvieron construidas. Mientras tanto, se realizaron algunas tareas adicionales necesarias para llevar a cabo el proceso de montaje.

En la operación de desmontaje de la Réplica, se elevaron hasta la plataforma del andamio la bola y la peana originales, con idea de proceder a su colocación antes del montaje definitivo del conjunto. Para ello se hizo necesario prolongar la estructura del andamio, de forma que sobre esta prolongación se instalase un pequeño elevador manual que permitiese la manipulación de la bola.

Una vez que se acabaron los trabajos sobre la estructura, y que el tramo intermedio del vástago (carrete) se tenía construido, inspeccionado y pintado, se pudo proceder al montaje del mismo, y a la instalación de los sensores ubicados sobre ese tramo del vástago, ya que una vez colocada la bola y la peana, dicha zona quedaría inaccesible.

Figura 10.16. Apriete con llave dinamométrica de los tornillos en la unión del carrete al eje de la Torre.

(Foto: Mario Solís)





Evidentemente, estas operaciones tendrían que ser realizadas antes del montaje del Giraldillo, y lo más razonable, y por tanto sencillo, desde un punto de vista de la lógica y de la técnica, hubiera sido determinar la fecha prevista para la operación de montaje de la Figura una vez finalizadas las operaciones previas y disponiendo de cierto margen que permitiera absorber los contratiempos de última hora, como sucedería con el montaje de la bola.

### 10.6.2. La elección de la fecha

En la elección de la fecha para la subida del Giraldillo intervenían diversos factores que hicieron que ésta se tuviera que determinar antes de lo que recomendaba el ritmo de los trabajos. Se era consciente de que, al igual que durante el proceso de retirada de la Replica, se hacía necesario fijar una fecha con la suficiente antelación para coordinar la disponibilidad, el traslado y montaje de la grúa principal, acondicionamiento del Giraldillo para su traslado desde el IAPH, coordinación de las actividades a realizar por parte de las empresas participantes en la operación, limitar convenientemente la actividad turística de la Catedral, etc. Pero además de estos factores, que entran dentro de lo habitual y lógico en la dirección de un proyecto técnico y que estaban plenamente controlados, jugaba también un importante papel la expectación que levantaba en la ciudad, y sobre todo en los medios de comunicación, el acontecimiento de la vuelta del Giraldillo a las alturas. Esto se traducía en una importante presión mediática y política, que obligó a reestructurar el calendario de actuaciones de tal manera que, sin comprometer el trabajo técnico, se garantizase en la medida de lo posible el cumplimiento de la fecha final: el 15 de agosto la Giralda debería quedar libre de andamios.

Además de los factores indicados, controlables por el equipo técnico, existía uno que sólo podría ser previsto y que haría que la fecha definitiva de la subida del Giraldillo no pudiera ser determinada hasta el mismo día en que se realizase la operación, por mucho

que disgustase a ciertos medios de información, opinión pública o personalidades políticas. A pesar de la inestimable colaboración, una vez más, del INM en la predicción de la situación meteorológica, se presentaba el problema de la velocidad del viento.

Las circunstancias descritas y el tiempo necesario de preparación de los trabajos de subida hizo que el equipo técnico anunciase, previa consulta al INM, que el Giraldillo sería instalado sobre la Giralda a partir del jueves 21 de julio, independientemente de las múltiples fechas con las que se especulaba. Se dejarían así en principio los primeros días de la semana para la instalación de la grúa, y los siguientes como posibles fechas para acometer la subida. Conforme se fueron acercando las fechas se fue solicitando la predicción meteorológica con mayor frecuencia y cada vez con menor margen de error en la predicción, decidiéndose en base a la misma que el día más aconsejable para ejecutar la operación, corriendo el menor riesgo posible de tener que ser aplazada en el último momento, sería el viernes 22 de julio.

En relación al aplazamiento, algún periódico se preguntaba el 19 de julio (3 días antes de la subida) “...Hay algo más...” [Detrás de los retrasos]. Aun hoy no sabemos que esperaban encontrar detrás de ese “algo más”, pero hoy estamos convencidos que sólo hubo profesionalidad, responsabilidad y ganas de hacer un trabajo bien hecho, aunque fuera a costa de “un retraso” de tres días en coronar la Giralda con su Veleta. Retraso que después de ocho años de largo camino a casa, se antojaba nimio e insignificante, pero sobre todo absolutamente justificado a quienes de verdad “disfrutábamos” el día a día, a 100 m de altura, con sol de justicia, temperaturas por encima de los 40 grados y vientos de levante que literalmente achicharraban la piel.

### 10.6.3. La tinaja

Definido finalmente el día 22 de julio como la fecha más probable para la subida del Giraldillo, se hacía necesario que antes de este

día estuvieran instalados por tanto el carrete, la tinaja y la peana, además de tener desmontado el elevador manual con el que se ubicó la tinaja en su lugar, así como su estructura de soporte.

Todas estas operaciones se estimaban en principio rápidas y sencillas, con lo que no pareció un contratiempo el que, hasta el día antes de la fecha prevista para la subida del Giraldiso no se tuviera el carrete en disposición de ser instalado, y por tanto no se pudiera proceder a la instalación de tinaja, peana y sensores correspondientes.

Efectivamente, el carrete se instaló sin dificultad en la mañana de la víspera, se dio un último repaso a la pintura de protección antes de ser instalado, se asentó sobre la brida, se aplicó el par de apriete adecuado sobre los tornillos de la unión, se extendió una capa de refuerzo y protección en el contorno de las bridas con resina epoxídica, y finalmente se instalaron los sensores que debían ir adosados a ese tramo del vástago.

El tiempo necesario para el secado de la pintura y resina de protección hizo que la instalación de la tinaja y peana no se pudiera iniciar hasta el día 21 por la tarde. Se creía que la operación sería sencilla y duraría poco tiempo, pero nada más lejos de la realidad. Debe aclararse que unas pruebas relativas al montaje y acoplamiento de la tinaja y la peana, realizadas días antes, sin tener colocado el tramo intermedio del vástago (carrete), habían resultado satisfactorias. Hasta el momento del montaje definitivo no se percibía la interferencia que el desequilibrio y la forma irregular que presenta la bola producían sobre el carrete, lo que dificulta la colocación y aplomo.

Por un lado, la bola no tiene realmente forma esférica sino que es más bien un ovoide, siendo más alta que ancha. Posee en su parte inferior un agujero aproximadamente circular (su forma es irregular) y en su parte superior un agujero de forma más o menos cuadrada (el vástago de 1770 tenía a esa altura sección cuadrada, mientras que el actual tiene una

sección circular que deja menos clareo entre el vástago y el agujero). Si se hace descansar la bola directamente sobre su agujero inferior, resulta que el superior no queda centrado en absoluto sobre el vástago. Esto hace que el clareo entre el agujero y el vástago resultase insuficiente para asegurar que ante los eventuales movimientos del vástago, producidos por vientos de gran magnitud o un sismo, no se produjera el golpeo del vástago contra la bola. En la instalación original esto no resultaba un problema porque tanto la peana como la bola oscilaban solidariamente con el vástago, disponiendo la bola de un apoyo flexible en su parte inferior formado por un conglomerado de cuerdas y plomo que servía como elemento de relleno y asiento. Esta vinculación con el vástago no resultaba conveniente para la nueva estructura desde un punto de vista mecánico, por lo que se estimó conveniente que la disposición de bola y peana debiera ser tal que estuviesen firmemente asentadas sobre el Cuerpo del Penacho, para evitar de esta manera su contacto con el vástago y conseguir dos elementos absolutamente independientes entre sí.

No resultó por tanto nada fácil colocar correctamente el conjunto bola-peana. El que la bola quedase bien apoyada en su parte inferior, pero al mismo tiempo quedase lo suficientemente centrada con respecto al carrete en su parte superior, permitiendo un buen apoyo y posicionamiento de la peana respecto al carrete, resultaba ciertamente complicado.

Otra dificultad adicional era que la bola tendría que estar ubicada con la portezuela orientada hacia el noreste, porque de esta forma se encuentra a resguardo de los vientos que normalmente acompañan a la lluvia en Sevilla, que suelen ser de componente suroeste, algo que también debieron tener en cuenta los restauradores de 1770, que la orientaron en esa dirección, y resultaba lógico por tanto reubicarla ahora de la misma manera.

Tras horas de pruebas, estudio y análisis del problema allí en las alturas, se concluyó que el casquillo de bronce sobre el que

Figura 10.17. Montaje de la tinaja, con ayuda del elevador manual, sobre el eje de la torre y carrete. (a) Detalle del casquillo de bronce sobre el que descansa la bola; (b) colocación de cuñas para su correcta colocación y asiento; (c) centrado del carrete en la abertura superior de la tinaja. (Fotos: Mario Solís)



Figura 10.18. Vista general de la instalación del andamio y la grúa utilizada en las operaciones  
(Foto: Mariano Asuero)



descansa la bola no estaba colocado en la misma posición que en 1770. Durante los trabajos de colocación de la Réplica y su estructura soporte, se desmontó por completo la obra de fábrica de piedra que conformaba el Penacho, y su reconstrucción posterior se hizo respetando exactamente la disposición original de los bloques de piedra, pero el casquillo de bronce que corona la cúpula, no se colocó en la misma posición debido muy probablemente a que éste carece de marca alguna que indicase su posición correcta. Esto hacía que para que el apoyo de la bola pudiese llegar a ser tan bueno como lo era antes de su desmontaje, fuese necesario girar la posición de la bola 180°, no respetando de esta manera su posición original.

Todas estas dificultades inesperadas surgieron la tarde de la víspera de la subida del Giraldillo, con el consecuente desasosiego por parte de los allí presentes. Finalmente, el equipo técnico decidió mantener la orientación original de la bola y conseguir el asiento deseado a través de una solución que evitase el aplazamiento de la operación de subida, y además se pudiera terminar de ejecutar sin necesidad del elevador manual que tendría que ser necesariamente desmontado antes de subir el Giraldillo.

La tinaja quedó acuñada en su parte inferior, mediante la interposición de pequeños trozos de plomo entre ésta y el collarín, de forma que el agujero de la parte superior quedase centrado y sobre ella pudiese asentar de forma estable y centrada la peana a través de la pieza de plomo fundido construida a tal fin. Este acuñamiento provisional de la bola se completó posteriormente con pequeñas pletinas y chapas de cobre y plomo, rellenándose por último los espacios entre las mismas, el collarín y la bola con resinas epoxídicas, que una vez fraguadas definieron un asiento completo y uniforme.

De esta forma concluyó el más duro y largo día de trabajo sobre el andamio, en el que, una vez más, se pudo comprobar la dificultad de trabajar con piezas de esta singularidad, complejidad

e irregularidad geométrica, fruto de su carácter artístico y artesanal, que finalmente obligan a actuar de la misma forma que lo debieron hacer varios siglos antes los constructores, instaladores y restauradores del Giraldillo. Evidentemente, este hecho hace que el trabajo, aunque duro y a veces exasperante, se haga con mayor cariño e ilusión.

Finalmente la jornada ofreció la merecida recompensa, que no fue otra que disfrutar de una magnífica e inolvidable puesta de Sol, pensando y comentando en lo que se avecinaba el día siguiente: el día más significativo de todo el largo proceso de restauración. Se nos fue la noción del tiempo y las prisas por bajar, observando como se iban encendiendo poco a poco las luces de la ciudad, mientras que el calor abrumador daba paso a una suave y refrescante brisa que avanzaba desde el río hacia la Torre como preparándose para recibir y hacer girar a la que durante los últimos ocho años no había podido dirigir los vientos de la ciudad.

#### 10.6.4. Los preparativos

Dos días antes de la subida, se procedió a acotar la zona necesaria de la plaza Virgen de los Reyes para las operaciones de instalación de la grúa. Para ello fue necesario coordinar los accesos y la ocupación del espacio con la empresa que en aquellos momentos realizaba las obras de pavimentación del entorno. Así mismo, se habilitó un recinto para ubicar a la prensa y evitar que se produjera la invasión de la zona de trabajo que tuvo lugar durante el proceso de bajada de la Réplica, cuando los medios gráficos, en su afán de conseguir la mejor imagen, pusieron en riesgo las operaciones de bajada y seguridad de los trabajos.

El día anterior a la subida y una vez montada la grúa, se realizó una prueba de aproximación para garantizar que las maniobras del día siguiente no tuvieran ninguna dificultad.



### 10.6.5. La subida

A las seis de la mañana del 22 de julio de 2005, con condiciones meteorológicas favorables y con todos los preparativos ya realizados, empezó la actividad en la plaza Virgen de los Reyes, no solo de los técnicos y operarios involucrados en la operación, sino del público y de los medios de comunicación que empezaban a tomar posiciones. Sobre el andamio, se iniciaban los trabajos para desmontar la estructura superior con el elevador manual y montar unas plataformas de trabajo necesarias para acceder con facilidad a la parte más alta del Giraldillo y poder realizar el montaje de todas las piezas (palma y lábaro).

A las seis y media llegaban a la zona acotada de la plaza de la Virgen de los Reyes, los camiones que, escoltados por la policía local, trasladaban la escultura del Giraldillo desde la sede del IAPH, protegido con lonas y tumbado sobre la misma estructura soporte utilizada en el proceso de restauración. De esta manera quedó depositado en el suelo de la plaza, para que los restauradores del IAPH, enfundados en sus batas blancas, retiraran la lona que lo cubría y sustituyeran ésta por una serie de vendajes y elementos protectores para la operación de izado. En ese intervalo de tiempo fue cuando el gentío y los numerosos medios de comunicación tuvieron la última oportunidad de contemplar de cerca la figura del Giraldillo.

El inicio de las maniobras comenzó con la colocación en posición vertical del Giraldillo por medio de una elegante maniobra en la que la grúa principal y una grúa auxiliar actuaban coordinadamente, volteando la figura con unos movimientos muy ensayados en el patio del IAPH, y que garantizaban que no se transmitirían tensiones innecesarias a la Figura y su estructura. Una vez en esta posición, y suspendida del gancho de la grúa principal, se introdujo en su interior la parte superior del vástago de sustentación, que subiría conjuntamente con la escultura, enganchando su parte inferior a las eslingas que rodeaban la cintura de ésta. Finalmente se colocó el banderín sobre el mástil del lábaro, y con esto ya estaba listo el



Figura 10.19. El Giraldillo momentos antes de ser preparado para su izado a la Torre.

(Foto: Mariano Asuero)



Figura 10.20. Momento de inicio del volteo del Giraldillo para colocarlo en posición vertical como paso previo del izado.

(Foto: Manuel M<sup>a</sup> De Cárdenas)

Giraldillo para iniciar su ascensión una vez que desde la Torre se confirmara que allí todo también estaba dispuesto.

A las 8:41 se inició, entre palmas de los allí presentes, la espectacular maniobra de ascenso y aproximación del Giraldillo a la Torre, suspendido de la descomunal pluma de 118 m de longitud. Durante la ascensión, las campanas de la Giralda repicaron para



Figura 10.21. Izado del Giraldillo convenientemente protegido.  
(Foto: Mariano Asuero)

recibir de nuevo al símbolo que la corona y del que se había despedido 8 años antes. El trayecto de subida hasta la plataforma del andamio duró poco más de 5 minutos,

Cuando desde la plaza se perdió de vista la figura del Giraldillo se escucharon los aplausos del gentío allí congregado como si los trabajos ya hubiesen terminado. Evidentemente ignoraban que realmente lo más complicado y laborioso fue el trabajo de los días precedentes y también lo serían los posteriores a la subida, que, aunque espectacular, resultó relativamente sencilla.

En ese momento, cuando el Giraldillo ya estaba sobre la Torre, fue cuando las personalidades políticas asistentes al acto, aprovecharon para atender a los numerosos medios de información que cubrían la noticia.

Una vez que el Giraldillo estuvo sobre la plataforma del andamio, y antes de desengancharlo de la grúa que lo llevó hasta lo más alto, se procedió a unir la brida del vástago que llevaba en su interior

con la que ya estaba oculta en el interior de la peana. En esos momentos se vivió el momento más delicado de la operación, ya que un mínimo e imperceptible movimiento de la grúa hizo que se dañase levemente la rosca de uno de los tornillos de la brida y su tuerca quedase gripada. Tras una rápida evaluación del daño, se consideró oportuno seguir con la operación y arreglar el desperfecto “in situ”, para lo que hubo incluso que encargar urgentemente la herramienta adecuada para solventar la situación y que en menos de cuarenta minutos estaba en lo alto del andamio, demostrando que los mecanismos de coordinación y ayuda funcionaron correctamente. Finalmente, todo quedó en un pequeño contratiempo que afortunadamente pudo resolverse con efectividad.

Tras descansar la escultura sobre el vástago, se soltó de la grúa y se despojó de las vendas y elementos de protección, para poder realizar el ensamblaje de la palma y el lábaro con facilidad.

Alrededor de las diez de la mañana, y una vez diluido el revuelo formado por los medios de comunicación en torno a las autoridades, se procedió al izado de la palma y del lábaro. Ambos se ensamblaron sin ninguna dificultad sobre la estructura, y desde las diez y media de la mañana de aquel día el Giraldillo volvía a ocupar lo más alto de la Giralda.

Ya solo quedaba cubrir la escultura con la última capa de protección para que todos los allí presentes se pudieran hacer las fotografías de rigor junto con la Veleta recién instalada, y para que finalmente y tras retirar algunos elementos del andamio que estorbaban, se hiciera girar manualmente para comprobar que su capacidad de giro era la esperada. Fue ésta además, una primera vuelta cargada de simbolismo, que significaba el saludo y agradecimiento del Giraldillo a la ciudad de Sevilla y el símbolo de la culminación de un largo proceso.

Tras esta pequeña ceremonia de congratulación, se iniciaba para todos un merecido fin de semana de descanso, antes de afrontar los siguientes días en los que todavía habría que trabajar duro



antes de poder dar la orden de retirada de los andamios . El Giraldillo sería el único que no descansaría, ya que esa misma tarde se tuvo que poner a trabajar como veleta ante los fuertes vientos que se levantaron y que sirvieron como una primera muestra de su buen funcionamiento.

La comprobación in situ de su buena respuesta ante la acción del viento se pudo realizar también durante las dos semanas siguientes que permaneció instalado el andamio antes de su desmontaje. Este era el tiempo disponible para poder realizar las tareas que quedaban pendientes.

### 10.6.6. Trabajos finales

Durante esas dos semanas había que acuñar y fijar definitivamente la posición de tinaja y peana, instalar los pararrayos, las líneas de vida, cubrir juntas o resquicios donde pudiera acumularse humedad o suciedad, construir una nueva tapadera para la peana, y completar el montaje del sistema de instrumentación. Estas dos últimas operaciones serían, junto con el episodio ya comentado de la tinaja, las que mayores quebraderos de cabeza produjeron y mayor tiempo consumieron.

La resolución de cómo cubrir el hueco existente entre el agujero superior de la peana y el vástago generó intensos debates. Una vez más, los pequeños detalles resultaban ser lo verdaderamente complicado del proyecto.

La cuestión era que la disposición de 1770 no era aplicable en la actualidad, y tampoco resultaba conveniente desde un punto de vista mecánico. En aquella situación, la peana disponía de una tapadera unida con roblones que se fijaba al vástago mediante un cordón de unión de plomo. De esta forma, la tapadera transmitía las oscilaciones del vástago a la peana y el agujero superior de ésta quedaba totalmente cubierto, evitando (salvo las siempre inevitables filtraciones) la entrada de agua en su interior. Esta tapa-

dera no era aprovechable porque no cubría el espacio libre entre el agujero superior y el vástago actual, que es de menor diámetro. Por otro lado, resulta más adecuado que la peana no esté vinculada al movimiento del vástago, pero hay que disponer de algún elemento que evite la entrada de agua. Al mismo tiempo, es deseable que se permita cierta ventilación de forma que se favorezca la evaporación del agua que siempre logrará filtrarse por algún resquicio, y más en un lugar tan expuesto a agentes degradantes como son el Sol y la lluvia. Este es un factor muy importante a

Figura 10.22. Momento llegada del Giraldillo a lo alto de la Giralda.  
(Foto: Mariano Asuero)





tener en cuenta en todos los detalles del Giraldillo, ya que lo más dañino desde el punto de vista de la corrosión es la acumulación de agua y humedad en un ambiente poco ventilado.

Para cumplir todas estas funciones se idearon diversas soluciones con distintos materiales, geometrías, modos de fijación, etc. Finalmente, la solución fue bastante elemental pero eficiente al mismo tiempo. Esta solución consistió en una especie de paraguas fabricado con chapa de cobre, que sería fijado al vástago por medio de la estructura del pararrayos y cubriría sobradamente el hueco superior de la peana, dejando un pequeño hueco en su parte inferior con respecto a la superficie de la peana, permitiendo la ventilación pero haciendo improbable la entrada de agua de lluvia. Esta nueva tapadera se movería solidariamente con el vástago sin estar en contacto con la peana, que quedaría libre de estos movimientos.

La instalación definitiva y conexión de los distintos sensores que compondrían el sistema de instrumentación, que se describe en el capítulo correspondiente, fue también una tarea llena de detalles que resolver. Había que pensar en la ubicación más adecuada para cada uno de ellos y establecer el modo de fijación más eficiente y duradero, protección de las conexiones, conducción de cables, instalación de caja de conexiones en la cúpula del Penacho, etc.

Por último, para la instalación de los pararrayos fue necesario realizar alguna modificación sobre la estructura existente para la Réplica, y hubo que sustituir dos de las cuatro puntas, ya que habían sufrido la descarga de algún rayo.

El trabajo en estos días fue intenso, y muchas veces complicado por las numerosas visitas que recibió el Giraldillo. Habían sido muchas las personas implicadas de alguna manera en todo el proceso de restauración y era lógico que pudieran disfrutar de una espectacular, hermosa e histórica visita aunque a más de uno la ascensión le costase pasar un mal rato por la sensación de vértigo.

También es cierto que, a cambio de realizar la visita, alguno de estos visitantes acabó colaborando en algunas de las tareas menos cualificadas que quedaban por hacer, incluso durante los fines de semana. Entonces era cuando se encontraba la tranquilidad necesaria para realizar algunas operaciones, además que la premura de tiempo y las ganas de acabar el trabajo pendiente animaban también a apurar todo el tiempo posible.

El 8 de agosto hubo que despedirse del Giraldillo, con el que ya muchos habíamos establecido un fuerte vínculo, no tanto por lo que el símbolo representa para la ciudad, sino como por haber conocido sus achaques allá en 1996, haberlo bajado de su Torre, haberlo diagnosticado, haberlo curado y reforzado y por fin, perfectamente sano, reponerlo nuevamente en lo más alto de su Torre.

Incluso a mediodía, se improvisó una despedida con un pequeño aperitivo sobre el andamio, junto al Giraldillo, que compartimos el reducido grupo de personas que todavía quedábamos trabajando por allí y que resultó realmente agradable.

Al día siguiente se iniciaron las tareas de desmontaje del andamio, que revistieron más complejidad de la prevista, pues los fuertes vientos obligaron a paralizar los trabajos hasta el miércoles día 10 de agosto, cuando se reanudaron con equipos de trabajo potenciados a fin de alcanzar el objetivo previsto.

Finalmente el día 12 de agosto se pudo comunicar que se había cumplido el compromiso de que el Giraldillo estuviera visible y la Giralda libre de andamios para la festividad de la Virgen de los Reyes el 15 de agosto.

Así acababa el largo proceso de restauración del Giraldillo, que en esta última fase de su reposición tuvo su época más intensa y simbólica. Un proyecto de gran interés desde un punto de vista histórico y técnico, en ocasiones agotador, pero sin duda bello y gratificante.