



Una visión sugestiva de la linterna y del "tabernacolo dei seniori" durante las primeras fases de desmontaje del andamio

En la actualidad está a punto de concluir un proceso iniciado en el año 1977, denso en estudios y hallazgos científicos sobre la obra maestra de Filippo Brunelleschi, la Cúpula de Santa María del Fiore en Florencia. Riccardo Dalla Negra director de los trabajos de restauración resume en este artículo uno de los experimentos de monitorización más avanzado en el campo internacional revelado como un instrumento decisivo para conocer el comportamiento estructural, extendiéndose además a las distintas fases de restauración de las pinturas murales de Vasari y Zuccari.

Restoration works on the dome of Santa Maria del Fiore, Florence. Recent years have seen a great architectural and pictoric restoration operation to salvage one of the most emblematic edifices in the history of architecture: the dome of the church of Santa Maria del Fiore, built by Brunelleschi in the first half of the 14th century. The architect Dalla Negra gives a passionate description of the complex restoration process both of the masonry and the paintings on the intrados and a detailed account of the organization of the work, with special attention to the scaffolding.

“El siguiente expediente tiene por objeto la realización del proyecto, el abastecimiento y la colocación en la obra de un andamio metálico en el interior de la Cúpula de Santa María del Fiore en Florencia, necesario para la restauración pictórica de los frescos, para la consolidación de los revoques y para la realización de estudios e indagaciones determinados por la Comisión Especial nombrada por el decreto ministerial del 24.10.1975...” Así rezaba la convocatoria del concurso convocado en 1977 para la contratación del andamio aéreo para la realización de los trabajos de restauración de la cúpula.

Empezaba en aquellos años un largo proceso, denso de acontecimientos y de significativos avances científicos, que está hoy, a punto de concluir, justamente con el desmontaje del andamio antes mencionado. El año 1977 fue, como ya sabemos, el año de las celebraciones brunesquianas. Este hecho supuso un gran aumento del interés hacia la obra maestra del artista, provocando confrontaciones científicas entre insignes estudiosos de varias disciplinas.

No es posible, en este momento, enumerar las contribuciones que en estos tres últimos lustros han sido elaboradas para conocer la historia del edificio, su configuración geométrica, su trazado, las pinturas del “cinquecento”, que se han añadido a una ya amplia literatura.

La construcción del andamio aéreo se decidió como conclusión de los trabajos desarrollados por la Comisión Ministerial de estudio, formada en 1975 bajo la presidencia de Guglielmo De Angelis d’ Ossat. Ésta fue la tercera comisión convocada en este siglo, habiéndose celebrado las otras dos comisiones en 1934 (Comisión Nervi) y en 1950 (Comisión Gianelli). La primera comisión celebrada en la historia del monumento fue la Comisión Granducal de 1694.

La comisión de De Angelis d’ Ossat, que acabó sus trabajos en 1977, fue reconstituida en 1983 y permaneció operativa

hasta 1988. El debate científico que se desarrolló en su interior y las indicaciones operativas que emanaron de ella, han permitido que se ampliaran los conocimientos sobre distintos aspectos de la cúpula, y que se realizaran obras de restauración que eran imprescindibles.

El estado de la estructura y el sistema de monitorización

En lo que se refiere al análisis de las lesiones y del comportamiento estructural de la cúpula, la Comisión contó con una primera aportación constituida por el Catálogo de las lesiones de los paños redactado por la *Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici* de Florencia. Este catálogo consistía en la representación del cuadro de lesiones de toda la catedral; este trabajo fue realizado en dos etapas distintas de toma de datos: en los años 1984-1985 para toda la catedral y en el año 1986 para la zona de la cúpula. Consta de unas 600 grietas, representadas gráficamente y fotográficamente. Este documento permite describir el fenómeno de las lesiones en su globalidad, sin llegar, a pesar de todo, a una cuantificación del daño.

De la comparación entre los datos recopilados por tal catalogación, con aquellos que históricamente se fueron acumulando, y los resultados de un modelo numérico elaborado por el CRIS-ENEL juntamente con el Departamento de Ingeniería de Florencia, la Comisión de estudio elaboró en 1985 el Primer Informe sobre la situación del complejo estructural cúpula-basamento de la Catedral de Santa María del Fiore. Este documento, además de ser de gran interés, representa un avance en los estudios hasta hoy realizados. También supone un avance con respecto a los resultados a los que llegó la Comisión Sabatini, en particular por el análisis del comportamiento estructural que ha determinado que se produzca el actual cuadro de grietas.

En el informe se ponen en evidencia los fenómenos que actualmente afectan a la

cúpula o a su basamento, determinando tres niveles de lesiones. El primero de éstos, el mayor, se aprecia en los sectores Sudoeste, Sudeste, Noreste y Noroeste; las grietas se manifiestan, empezando desde arriba, de longitud variable aproximándose a la base de la linterna. Siguen en dirección vertical hasta el tambor, donde presentan la mayor amplitud, afectando por esto, las pilastras por debajo del primer corredor. Son grietas que han pasado del casquete interior al exterior y se advierten más en los sectores Noreste y Sudeste, correspondientes a las dos sacristías.

Un segundo fenómeno se registra en los lados Oeste, Sur, Este y Norte en proximidad de las ventanas circulares; de hecho, de estas lesiones parten grietas a 60° sobre el plano horizontal, que atraviesan una vasta área del tambor comprendida entre la segunda y la tercera galería.

Un tercer fenómeno se refiere a las lesiones angulares, es decir, que se advierten en las intersecciones de los ocho lados de la cúpula, en dirección siempre vertical. Se extienden desde el tambor hasta una altura comprendida entre la segunda y la tercera galería interna. En el ámbito de los sectores Oeste, Sur, Este y Norte se nota todavía la formación de lesiones en el medio de los gajos con dirección vertical, afectando la zona comprendida entre la segunda y la tercera galería interna; tales lesiones se registran sólo en el intradós del casquete interno.

Cuadros de lesiones secundarios, pero sin embargo, sistemáticos, se aprecian en las semicúpulas y en las paredes verticales de las tribunas. Finalmente, en las paredes perimetrales de la nave mayor y de las naves menores hay grietas inclinadas.

El informe de la Comisión es importante sobre todo por la clave interpretativa que proporciona en razón a los comportamientos mecánicos que han creado las condiciones para la aparición y la relativa

evolución del cuadro de lesiones.

Los primeros dos fenómenos se creen asociados y principales, afectando alternativamente los ocho lados de la cúpula; la configuración de esta particular alternancia se imputa “a una distribución de las tensiones que se manifiesta en la estructura integral, a causa del propio peso de la estructura, teniendo en cuenta la distribución de las masas estructurales de la cúpula”. Es decir, la cúpula transmite al tambor situado por debajo de ella acciones idénticas en cada lado, pero la respuesta del tambor es diferente en la acción de los componentes individuales. Mientras el componente radial hace trabajar a tracción a los paralelos octogonales del tambor de manera casi idéntica en cada lado, los efectos de la componente vertical son diferentes, y aparecen reacciones concentradas sólo a la altura de las pilastras; “...se produce así, -se dice en el informe-, un comportamiento del tambor a viga-pared continua octogonal que implica distribuciones de tensiones de tracción justo en los puntos en los que se ha manifestado la aparición de las lesiones, a saber, sobre las ventanas circulares en los lados pares (Sudoeste, Sudeste, Noreste, Noroeste), y debajo de dichas ventanas en los lados impares (Oeste, Sur, Este, Norte)...”.

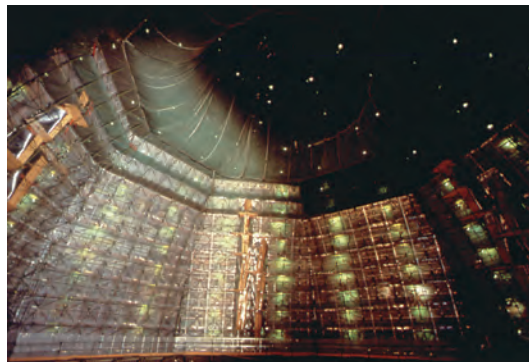
La formación de las grietas, favorecidas además por la menor resistencia del tambor en el entorno de las ventanas, tiene que atribuirse a una serie de causas relacionadas entre sí, como la alternancia de las acciones de origen térmico, o a sucesos excepcionales como movimientos sísmicos, y también a rayos u otros efectos impulsivos.

La diferente extensión, así como la más tardía aparición de las lesiones en los sectores Noroeste y Sudoeste con respecto a aquellas de los sectores Sudeste y Noreste, se justifica por la diferente oposición a los desplazamientos radiales proporcionado por la nave central respecto a las tribunas.

Se excluye, en cambio, por parte de la



1



2



3

1, 2 y 3. El andamio tal como se presentaba durante el curso de los trabajos; el taller de restauración, articulado en dieciseis niveles de trabajo, se desarrollaba a una altura comprendida entre los 60 y los 90 metros

Comisión, como causa de las lesiones a la luz de su observación, la influencia de asientos diferenciales entre las cimentaciones de las cuatro pilastras. La presencia de grietas en las esquinas de los gajos parece relacionado, en cambio, al funcionamiento originario de la cúpula, presentándose la tendencia a deformarse por efecto del propio peso y de las variaciones térmicas.

Los estados tensionales de tracción en el intradós del casquete, causados por el actual orden de la estructura, parecen estar originados en ulteriores lesiones puestas de relieve en los sectores Oeste, Sur, Este y Norte. Por otra parte, los desplazamientos radiales han producido un régimen de acciones recíprocas laterales entre las tribunas, la nave y el basamento de la cúpula, a la cual se atribuye la causa de los fenómenos encontrados en las tribunas y en los muros laterales de las tres naves.

La hipótesis contenida en el informe de la Comisión necesitaba, no obstante, algunas comprobaciones a través de la toma de datos fundamentales que permitieran la formación de un cuadro orgánico del comportamiento mecánico de toda la estructura, para poder acceder también a un nivel de conocimiento tal que permita tomar decisiones meditadas para el proyecto.

Un sistema automático de monitores en la estructura de la cúpula y de su basamento fue ideado, luego proyectado, y ejecutado. Este proyecto, redactado por el ISMES (*Istituto Sperimentale Modelli e Strutture*) de Bérgamo por encargo de la *Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici*, fue enteramente realizado en el año 1987, y está en actividad desde enero de 1988. El sistema está constituido por una serie de instrumentos de medida, capaces de percibir los movimientos de conjunto de la cúpula y los fenómenos deformantes locales (apertura y cierre de las lesiones), y las variaciones térmicas, con el objetivo de llegar a individualizar correlaciones entre las evoluciones

deformantes en acción y las posibles causas externas.

Los instrumentos de medida instalados son de cuatro tipos: los deformómetros, aptos para medir la componente de desviación relativa entre dos puntos a lo largo del eje del instrumento; los termómetros, para medir la temperatura del aire y de los muros; los telecoordinómetros, medida de los dos componentes de desviación relativa, respecto al plano horizontal, con una referencia vertical realizada mediante hilo a plomo; los medidores de nivel, para medir las desviaciones verticales de una posición con respecto a un punto tomado como referencia, valoradas como diferencias entre variaciones de nivel del líquido presente en contenedores relacionados hidráulicamente entre ellos. A éstos, debe añadirse una sonda piezométrica, capaz de medir las variaciones del nivel freático.

Todas las lesiones pertenecientes al fenómeno mayor (lesiones en el medio de los gajos Sudoeste, Sudeste, Noreste y Noroeste) se controlan mediante una serie de deformómetros situados a varias latitudes tanto en el intradós como en el extradós del casquete interno, así como también en el intradós del casquete externo; de estas lesiones se registran también los desplazamientos radiales, que aparecen, por ejemplo, en las lesiones de los sectores Sudeste y Noreste.

Las lesiones de las ventanas circulares del tambor se controlan también mediante deformómetros capaces de medir por cada rama de estas lesiones, la apertura y el cierre en la dirección circunferencial. De las grietas presentes en las esquinas se controla la variación de su extensión a la altura de la parte mas baja de la lesión, así como la presencia de eventuales rotaciones relativas, sobre el plano horizontal, entre las superficies de contacto de tres sectores adyacentes, con deformómetros situados en el extradós y en el intradós del casquete interno.

Las desviaciones globales de la estruc-

tura, con particular referencia al tambor y a las pilastras de debajo, son registrados por los telecoordinómetros y por los indicadores de nivel, aplicados en cada gajo de la cúpula; los primeros perciben cada eventual desviación en el plano horizontal de las estructuras, midiendo los componentes radiales y circunferenciales; los segundos, permiten la toma de datos sobre los eventuales movimientos relativos, en dirección vertical, de las estructuras de sustentación de la cúpula. El uso de monitores para las temperaturas está también muy extendido, dada la importancia que éstas tienen sobre la posible evolución del actual fenómeno de lesiones. Los termómetros de los muros están colocados a varias latitudes, en el interior del casquete interno y en el externo, como para permitir la distribución de temperaturas en el espesor de los muros; los termómetros del aire registran las temperaturas externas a la cúpula, las del hueco entre el casquete interno y el externo, y, finalmente, las del interior de la cúpula.

La sonda piezométrica está colocada en la base de la pilastra del Sudeste, a tal profundidad que puede percibir cualquier variación del nivel freático. La puesta en práctica de la sonda ha permitido conocer, por primera vez, la consistencia estructural de las cimentaciones, y la naturaleza del terreno.

Como ya se ha señalado, el sistema automático de monitores está en actividad desde enero de 1988; sobre la base de las primeras elaboraciones conjuntas de los datos que han sido efectuadas recientemente por el Departamento de Ingeniería Civil de Florencia, se puede afirmar que el sistema ha resultado ser de confianza y ha correspondido sustancialmente a las previsiones de los expertos.

Esto puede ser considerado, con razón, como uno de los experimentos de monitores más avanzados en el campo internacional, capaz de proporcionar un grandísimo espectro de informaciones sobre el estado de "salud" de la cúpula; al

mismo tiempo, se está revelando como un instrumento decisivo para conocer su comportamiento estructural. El sistema, operante las 24 horas, está actualmente programado para registrar datos cada seis horas. Considerando el hecho de que cada anotación proporciona unas seiscientas informaciones, el volumen de datos es verdaderamente considerable, así como igualmente compleja resulta la sucesiva elaboración.

El sistema está, además, conectado, mediante una línea directa con la Facultad de Ingeniería de Florencia, lo cual permite, como veremos más adelante, un ulterior control, permitiendo lecturas con diversa programación y periodicidad. Al sistema automático de control estructural de los monitores, se le ha añadido después una red de nivelación de alta precisión para el control de los movimientos verticales en todo el complejo monumental catedral-baptisterio-campanario, proyectado por el Instituto Geográfico Militar de Florencia, y realizado por la *Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici* de Florencia. Este sistema permite valorar, como ha sido indicado por la Comisión de estudio, los eventuales asientos diferenciales entre las diferentes partes del complejo, en relación a las variaciones del nivel freático. La red se articula en una nivelación del perímetro externo de la Catedral, del Campanario de Giotto, del Baptisterio y de las dos plazas, la del Duomo y la de San Giovanni; la red comprende también los niveles del I.G.M. ya existentes, unidos a la red nacional.

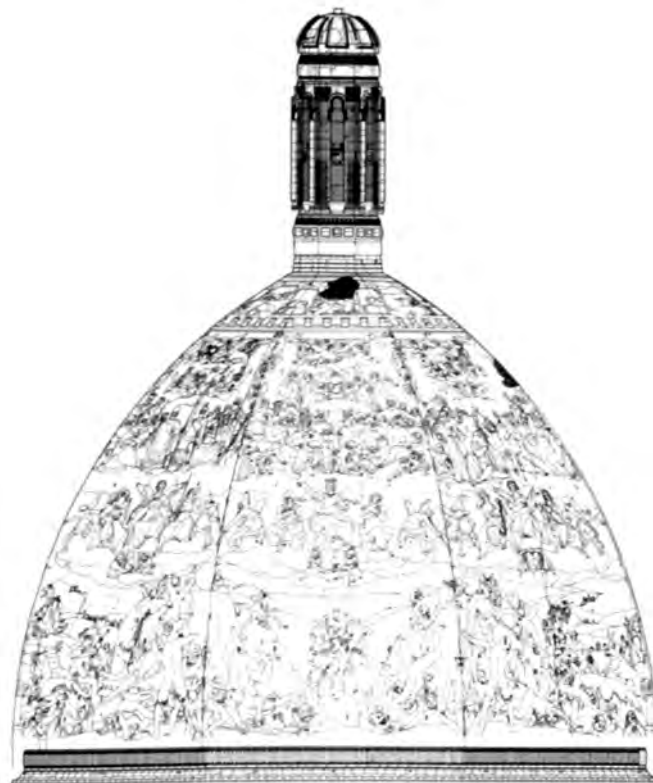
La nivelación interna, unida a la externa a través de los tres portales de la fachada, comprende todo el perímetro de la catedral con niveles materializados a cuatro niveles: a la altura del suelo, a la altura del primer y tercer corredor (donde están presentes los niveles instalados en 1936) y, finalmente, a la altura de la terraza externa de la linterna. Todas las nivelaciones forman polígonos cerrados. Estos sistemas de control han ido a



4



5



6

4 y 5. El aparejo de la cúpula brunelleschiana tal como se presenta en la superficie del intradós

6. En la fase de desmontaje del andamio se ha llevado a cabo el levantamiento fotogramétrico completo de la superficie del intradós de la cúpula y de la linterna

sumarse a aquéllos ya existentes. Como ya ha sido señalado, *l'Opera del Duomo* instaló en 1955, por indicación de la Comisión Giannelli, veintidós bases para medir deformaciones que, a partir de entonces, han sido objeto de continuas lecturas con periodicidad trimestral. Tales datos, han sido fundamentales para controles a largo plazo, constituyendo un banco de datos muy importante sobre todo para la evolución histórica del cuadro de lesiones. Han sido objeto de análisis por parte de los estudiosos en bastantes ocasiones.

A estas bases se han añadido, entre el 1986 y el 1987, otras cuarenta y ocho, instaladas en correspondencia a las tres galerías de la cúpula y sobre los arquivados, que son leídas con periodicidad quincenal.

Las pinturas murales

Otro aspecto fundamental de la actividad de la Comisión lo constituye el estudio sobre las pinturas, que cubre un área de aproximadamente 3.600 m². Éstas fueron comenzadas por Giorgio Vasari en 1572 y completadas por Federico Zuccari en 1579. Las pinturas fueron encargadas por el Gran Duque Cosme I de Medici. Representan el Juicio Universal, pero, como se ha observado recientemente, se articulan en imágenes inspiradas en el Nuevo Testamento, y en particular, en el Apocalipsis, y en imágenes tomadas del sistema teológico de la Iglesia, a la luz del alegorismo medieval.

El andamio colocado permitió una atenta observación de la superficie del intradós, de la que surgió un panorama mucho más preocupante de lo que había sido posible predeterminar a “distancia”. Se iniciaron las investigaciones particularizadas sobre la técnica de ejecución, y sobre los procesos de degradación que, en algunas partes estaban muy avanzados, adquiriendo datos inesperados y, por ciertos aspectos, sorprendentes.

Tales investigaciones llevaron a la Comisión a redactar un proyecto general

de restauración. Acabada la fase científico-instructiva de la Comisión de estudio en el 1988, el taller de restauración de las pinturas murales se confió enteramente a los tres institutos periféricos del Ministerio de la Cultura y del Ambiente presentes en Florencia: la *Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici*, la *Soprintendenza per i Beni Artistici* y el *Opificio delle Pietre Dure*.

La complejidad de la obra y la problemática ligada a la restauración han hecho necesaria la presencia de varios especialistas con diferente cualificación profesional; la dirección de los trabajos ha tenido a su lado una dirección técnico-artística y una dirección técnico-científica para definir el proyecto de restauración y para controlar sus resultados durante todo el período de los trabajos.

En este artículo es posible describir sólo a grandes líneas los trabajos realizados. La superficie del intradós de la cúpula estaba cubierta de una espesa capa de suciedad de manera uniforme. Esta capa estaba formada fundamentalmente, como han revelado los análisis, de humo negro que se había hecho más denso, sobre todo en las lesiones y de grietas naturales del revoque, hasta llegar a formar una espesa “tela de araña”. Se apreciaban daños muy evidentes en los revoques pictóricos, causados por seculares infiltraciones de agua de lluvia ubicadas en la base de la linterna y en algunas zonas de las esquinas.

Las diversas técnicas adoptadas por los dos pintores de la cúpula, habían dado lugar a métodos de conservación muy diferentes. Las zonas atribuidas a Vasari, pintadas al fresco, presentaban un buen estado de conservación tanto en lo que se refiere a las pinturas, como a la adhesión de los revoques. Por el contrario, las zonas de Zuccari, pintadas “a seco”, presentaban desprendimientos de la película pictórica muy extendidos, acompañados de fenómenos de despegue de los revoques de la superficie del muro, o de fenómenos derivados de una mala elaboración

de las argamasas (formación de los así llamados “*calcinaroli*” o “*bottaccioli*”).

Los trabajos de restauración, que han durado en total cinco años, se han articulado, esencialmente, en tres fases. La primera fase ha consistido en la limpieza, que estuvo precedida de una preconsolidación de la película pictórica, despegada e inconexa. El método elegido ha tenido en cuenta, en primer lugar, la compatibilidad con las dos técnicas de ejecución de las pinturas y la variación del soporte de las pinturas. Ha previsto el uso exclusivo de agua desionizada. La segunda fase de la restauración se dedicó a la readhesión de los revoques al muro a través de una inyecciones de argamasa estudiada a propósito. La investigación fue realizada por el laboratorio científico del *Opificio delle Pietre Dure* de Florencia, y condujo a la elaboración de un material estable, capaz de asegurar la adhesión de los revoques sin alterar su equilibrio por cambios climáticos, contaminación ambiental, siendo además, compatible con los otros materiales.

Esta fase ha sido ejecutada con especial cuidado, efectuando controles termográficos de la penetración de la argamasa en las partes despegadas, siendo conscientes de que, después de desmontar el andamio, será prácticamente imposible introducir cualquier tipo de corrección.

En algunos casos, por fortuna limitados, la degradación de los revoques, por efecto de la formación de compuestos sulfatados, estaba tan adelantada que se ha decidido proceder a recuperar los desprendimientos para salvar lo que quedaba de la pintura mural (pocos fragmentos). Los revoques, una vez desprendidos, han sido tratados con emplastes para la absorción de las sales y han sido nuevamente colocados sobre los soportes, mediante resinas con fibra de vidrio, previamente modelados según la configuración de la pared.

La última fase de los trabajos ha consistido en la restauración pictórica, a través de la cual, han sido reintegrados los vastos espacios vacíos provocados por las infil-

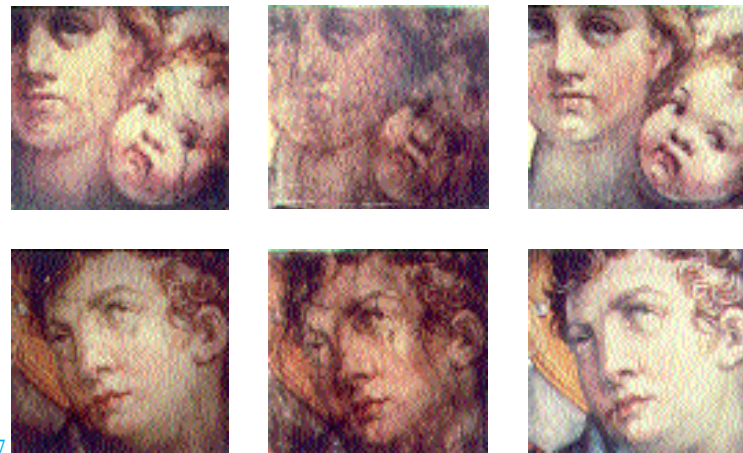
traciones de agua y los microespacios vacíos causados por las raspaduras o por las pérdidas de color. La extensión de las pinturas y la complejidad de las composiciones figurativas, ha requerido la adopción de métodos diversos: desde las veladuras, a los “sotto-tono”, hasta la “selección” y la “abstracción”. En todos los casos se han mantenido los criterios irrenunciables de toda intervención: la distinción y la reversibilidad.

El trabajo en el andamio

La complejidad de las restauraciones y de las investigaciones, así como el gran número de especialistas (una media de, aproximadamente veinte restauradores, aunque se ha llegado a límites de cincuenta personas al día, entre diferentes especialistas y técnicos) ha requerido la instalación sobre el andamio de un gran número de instrumentos de trabajo, que han transformado el taller en un verdadero laboratorio situado a sesenta metros de altitud. Desde esta distancia, a través de dieciséis pisos de trabajo, se llega a la imposta de la linterna a, aproximadamente, noventa metros del suelo.

En la fase de las restauraciones que ha afectado a los mármoles del interior de la linterna, han sido añadidos otros ocho pisos más de trabajo. Para facilitar, tanto la orientación de los encargados de los trabajos como la coordinación entre las diferentes investigaciones y, por último, el registro diario de los trabajos, la superficie del intradós, y por tanto el taller, ha sido dividido en 808 sectores individuales mediante señales apropiadas aplicadas sobre el andamio.

Los puentes de servicio, que durante los trabajos han sido progresivamente adaptados según las exigencias, han sido dotados de instalaciones eléctricas realizadas según la ley, con enchufes dispuestos de manera que lleguen fácilmente a cualquier parte de la superficie del intradós. Una instalación de iluminación de emergencia ha garantizado una perfecta maniobrabilidad también durante los



7



8

7. Algunos de los cuadrantes fotográficos que forman parte de la red de malla de la superficie del intradós. De izquierda a derecha se pueden observar las fotografías con luz normal antes de la restauración, con luz rasante antes de la restauración y con luz normal después de la restauración

8. Vista general del sector Este de la cúpula después de la restauración

periodos de interrupción de la energía eléctrica.

Cinco salidas de emergencia (una al lado del montacargas y cuatro en las escaleras de caracol de las pilastras) señaladas e iluminadas, garantizaban del mismo modo, la evacuación de quienes trabajaban en el taller montado en el andamio, en un espacio breve de tiempo, aunque afortunadamente no ha habido necesidad de producirse.

Para evitar la caída de cualquier objeto de los pisos de trabajo, se ha utilizado una red de aluminio tejida directamente sobre los puntales del intradós del andamio. Tres estaciones de trabajo puestas a diferentes alturas, la primera de las cuales dotada de W.C. químico, han permitido a los restauradores preparar los materiales a utilizar en las diferentes jornadas. El agua desionizada empleada en las restauraciones ha sido producida directamente en el taller y transportada a los diferentes pisos de trabajo mediante una instalación hídrica dotada de una bomba. Las aguas sucias han sido evacuadas de los distintos pisos de trabajo mediante una serie de cisternas unidas entre sí.

El taller ha sido visitado en estos últimos años por gran cantidad de expertos como arquitectos, ingenieros, históricos del arte, restauradores y químicos. Al final de los trabajos, se han efectuado numerosas visitas con guía, dirigidas tanto al gran público como a aquel más seleccionado de las escuelas de restauración, cursos universitarios de especialización, y de los doctores de investigación.

Las investigaciones y la documentación de la superficie del intradós de la cúpula

La presencia del andamio aéreo ha constituido una ocasión única (creo irrepetible para nuestra generación) para observar la superficie del intradós de la cúpula y para efectuar una serie de trabajos de investigación.

La primera operación efectuada ha consistido en el levantamiento fotográfico de

toda la superficie del intradós, antes, durante y después de los trabajos de restauración tanto con la luz normal como con la luz rasante. Tal levantamiento ha sido realizado “materializando” sobre la superficie pictórica una red de malla cuadrada, para subdividir el intradós de la cúpula en, aproximadamente, 7.300 cuadrantes (de 68 x 68 cm). En total se han realizado aproximadamente 21.000 fotografías.

Esta imponente documentación fotográfica será digitalizada recomponiendo con una estructura en forma de mosaico todos los cuadrantes, hasta la completa representación de las ocho velas (actualmente, se están realizando las fotografías de después de la restauración), gracias a un programa informático desarrollado exclusivamente a este fin. Sobre estas ocho “hojas electrónicas” serán transferidas todas las informaciones que durante los trabajos han sido adquiridas tanto de las pinturas murales como de la estructura del muro.


Me limito en este artículo a enunciar los resultados más significativos. Se han obtenido datos de gran interés mediante el estudio de la extraordinaria estructura muraria de Brunelleschi. La observación de las microlesiones de los revoques pictóricos, que habían sido acentuadas por los seculares depósitos de suciedad, ha permitido una definición de mayor exactitud de la disposición y del número de las hileras de ladrillos dispuestos a “espina de pez”. Pero una ocasión aun más importante se ha presentado después de los desprendimientos de los revoques pictóricos, cuando se ha podido observar la composición mural del intradós en cuatro zonas distintas, documentándola mediante observaciones fotográficas y fotogramétricas, así como mediante calcos de los que será posible extraer copias.

Otras investigaciones particularmente significativas y llenas de sorpresas han sido las obtenidas gracias a los detectores de metal del intradós. Éstos se han añadido a los instalados en 1986 por el Ejército en el extradós del casquete interno y en el

intradós del externo, que han permitido estudiar la exacta ubicación de los anillos instalados por Brunelleschi para sostener los andamios de servicio y que fueron después reutilizados por Vasari y por Zuccari para la ejecución del ciclo pictórico.

Además de la presencia de estos anillos (por otra parte ya conocidos por los estudiosos aunque no había sido nunca posible conocer su exacta ubicación) han sido documentadas muchas otras masas ferrosas (ganchos, anillos, estribos) entre las cuales me limito a señalar las situadas en las esquinas, necesarias seguramente para el anclaje de las cimbras parciales, sobre las cuales tanto han discutido los estudiosos que se han planteado el problema del sistema constructivo empleado en este extraordinario monumento.

La presencia del andamio ha hecho posible además la realización de investigaciones termográficas, de las medidas directas del intradós y las observaciones fotogramétricas del interior de la linterna. Toda la documentación será ahora puesta a disposición de la comunidad científica gracias a la publicación que ha sido asegurada por el *Poligrafico* del Estado.

Una novedad será la producción de un *Compact Disc* que contendrán la representación fotográfica de toda la superficie del intradós, y la documentación recogida durante el transcurso de los trabajos. 

FICHA TÉCNICA

Los trabajos de restauración de la cúpula han sido dirigidos por el autor de este informe Riccardo Dalla Negra con la colaboración de Franco Vestri; la Dirección Artística está formada por Cristina Acidini, Licia Bertani, Cristina Danti y Magnolia Scuderi; la Dirección científica estuvo formada por Mauro Matteini y Arcangelo Moles; la coordinación de los restauradores ha sido confiada a Sabino Giovannoni. El responsable del acuerdo con el Departamento de Ingeniería Civil ha sido el Profesor Ingeniero Andrea Chiarugi; el responsable del acuerdo con el Departamento de Ingeniería Electrónica ha sido el profesor Ingeniero Gaetano Iuculano.