

II CONGRESO DE ACE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

Realizaciones, Estructuras varias.



CONSTRUCCIÓN NUEVA TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE MALAGA

BRUCE FAIRBANKS

JOSÉ LUIS LLEYDA

JAVIER LÓPEZ

JESÚS MONTANER

EDUARDO MONTERO

RESUMEN DE LA COMUNICACIÓN:

1.- PREÁMBULO:

Las expectativas de incremento de afluencia turística en la Costa del Sol en los próximos años, gran parte de la cual llega a Málaga por vía aérea, obliga el planteamiento de una ampliación muy significativa de todas las instalaciones aeroportuarias, (terminal, accesos, etc), abanderada por la nueva Torre de Control, núcleo principal del funcionamiento del aeropuerto y que constituye la primera actuación, a partir de la que se va a desarrollar la futura remodelación-ampliación de todo el complejo.

2.- COMPOSICIÓN DEL EDIFICIO:

El conjunto del edificio de la nueva torre se compone de una amplia zona inferior, para aparcamiento, vestíbulo, zona administrativa, mantenimiento y servicios, en tres plantas (sótano, baja y primera), limitada por un perímetro dodecagonal, y de la torre propiamente dicha que sirve de acceso a la zona de control aéreo con dos plantas de instalaciones y equipos más la última, el fanal, donde se desarrolla el trabajo de los controladores aéreos.

Tanto el suelo de la planta baja como la fachada portante y el complicado entramado de la Torre se han concebido y resuelto con elementos prefabricados de hormigón armado y pretensado.

El proyecto ha definido por completo todos los detalles, tanto la descripción precisa de cada pieza como sus uniones, llevándose a cabo la ejecución ajustada por completo a las indicaciones del proyecto, exceptuándose la variación de muy pocos detalles que se modificaron en un intento de facilitar algunos aspectos para conseguir el encaje de todas las piezas.

Se trata de un edificio singular y, como tal, se acometió tras un estudio minucioso de todos sus detalles, que dio lugar a un planteamiento específico para todo el proceso de fabricación, acopios, transporte y montaje.

3.- CIMENTACIÓN Y SÓTANO:

El terreno donde se sitúa la Torre presenta una capas superficiales (hasta aproximadamente 5 m. por debajo de la superficie) de arcillas de alta expansividad y lentejones de arenas sueltas cuyas características no son aptas para la cimentación directa de la estructura. Sin embargo, la cota de suelo del sótano corresponde a la zona superior de un estrato de gravas arenosas densas, que permite la ejecución de una cimentación directa mediante losa empotrada.

La cimentación es de tipo directo mediante losa armada. En la zona central, correspondiente a la cimentación del propio fuste, se utiliza una losa maciza de espesor constante 1,20 m; en la zona exterior, correspondiente a la superficie de la edificación de planta baja, se emplea una losa nervada, de espesor 0,40 m con unos nervios radiales de 0,70 m de canto.

Dicha solución permite resolver adecuadamente la cimentación, teniendo en cuenta tanto los límites de tensiones admisibles en el terreno y de deformaciones instantáneas y deferidas, así como las recomendaciones resultantes del Estudio de Mareas, que indica como adecuado un espesor de losa mínimo de 30-40 cm.

La losa superior del sótano, que constituye el forjado de apoyo de la zona administrativa del edificio de base, se realiza con un sistema de vigas prefabricadas y placas semiprefabricadas completadas con una capa de hormigón in situ. La zona central, correspondiente a la zona de intersección con el fuste, es de losa maciza de hormigón armado.

Los extremos de las vigas principales estaban diseñados con elementos de unión especiales (perfiles metálicos salientes, ménsulas o armadura vista), según la coacción requerida, simple apoyo o empotramiento.

4.- ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS BAJA Y 1º:

La estructura de la cubierta de las plantas inferiores es una lámina plegada de hormigón, que apoya en el perímetro exterior sobre unos elementos de fachada prefabricados, y en el perímetro interior se conecta con los elementos resistentes del fuste.



Dicha estructura, cuyas raíces se remontan a la gran tradición de las cubiertas en láminas delgadas tan presente en la historia de la arquitectura moderna, se justifica tanto por razones estéticas como de optimización estructural.

El tipo estructural de la lámina permite utilizar unas superficies de hormigón de espesores muy reducidos, sometidas a bajos niveles de esfuerzos, dado que el fenómeno resistente, marcadamente espacial, depende básicamente de la forma del conjunto, organizándose el flujo de tensiones en esfuerzos coplanares con las superficies resistentes, y eliminando casi totalmente la aparición de flectores significativos.

La forma de las láminas corresponde a unas superficies regladas, permitiendo una solución racional para la ejecución de los encofrados. El hormigonado se realiza con la técnica de “gunitado”, hoy en día perfectamente conocida y utilizada en muchas aplicaciones estructurales, que permite la obtención de láminas de espesores controlados con la rapidez y nivel de calidad necesarios para la obra en cuestión.

Toda la cubierta de la planta baja descansa a lo largo de su perímetro exterior, de \simeq 170 m de longitud, en unas piezas prefabricadas de hormigón blanco, muy esbeltas, en forma de X, que se enlazan formando una corona de planos inclinados y que apoyan exclusivamente en 12 rótulas esféricas de acero inoxidable sobre la coronación del muro del sótano.

Cada una de estas piezas X, de muy poca rigidez, con un desarrollo superficial de 14 m de ancho y 7,50 m de alto y sólo 0,30 m de espesor, debía ser montada en obra en un plano

inclinado 60° sobre la horizontal, sobre una rótula esférica en cada una de las dos esquinas inferiores, rótulas compartidas con las piezas X contiguas. El montaje de estas piezas supuso un reto de habilidad para el equipo humano que se ocupó del mismo. Una vez colocadas en su posición, eran arriostradas con tirantes y así permanecían hasta la total ejecución de la cubierta laminar que, además de transmitir su carga a la fachada, le proporciona la estabilidad lateral necesaria.



El ensamble de las piezas entre sí presentó un punto especialmente delicado: el cosido pretensado en el apoyo sobre la rótula esférica, con enfilado de barras de alta resistencia ϕ 36 mm, con directriz circular de $R = 2$ m .

Antes del tesado en obra, se realizaron ensayos en fábrica para comprobar el comportamiento de estas barras con una relación radio/diámetro = $200/3,6 = 55$, valor inusual que aconsejó su experimentación para garantizar la seguridad resistente de la unión.

El transporte de las piezas X desde la factoría de ALVISA en Andujar hasta Málaga resultaba absolutamente inviable dada la magnitud de sus dimensiones. Fue preciso realizar la fabricación de cada pieza en dos elementos V que, una vez en obra, eran unidos en su vértice con barras pretensadas formando la X, antes del montaje.

Con un perímetro menor, más próximo a la Torre, se forma la cubierta laminar de la 1ª planta, soportada exteriormente por su fachada con piezas prefabricadas en forma de V, constituyendo también una corona de planos inclinados, sin dificultad de montaje, al menos en comparación con su “hermana mayor” de la planta baja.

5.- EL FUSTE DE LA TORRE:

La estructura completa del fuste se forma con el ensamble interrelacionado de 42 dovelas, 12 losas de entreplanta, 26 tramos de escalera y 44 vigas de atado perimetral, todas ellas

prefabricadas en hormigón blanco. Las dovelas forman el cuerpo principal resistente configurando 6 columnas pretensadas de 7 dovelas diferentes, arriostradas entre sí por las losas, tramos de escalera y vigas de atado.

Cada dovela, además de su correspondencia con la dovela inferior y superior, presenta uniones con 2 losas ó 2 tramos de escalera y 4 vigas de atado. A su vez, cada tramo de escalera se une a 2 losas y 1 dovela; cada losa encaja con 4 dovelas, 4 tramos de escalera y 4 vigas. Por último cada viga de atado se une a otra viga, 2 dovelas y 1 losa.

5.1. Planteamiento de la fabricación:

Esta interrelación entre los distintos elementos prefabricados, con uniones que permiten muy poca tolerancia en las posiciones respectivas, obliga a plantearse la fabricación de las piezas con unos requisitos, en cuanto a la tolerancia de sus dimensiones, poco frecuentes. Se vio así la necesidad de conseguir piezas de hormigón (dovelas) de dimensiones 6,48 x 3,61 x 4,80 m, forma irregular y superficies curvas, con tolerancias de 2 mm en cualquiera de sus dimensiones y en la posición de los elementos de unión con el resto de las piezas.



Teniendo en cuenta esta premisa, tras valorar distintas posibilidades, se decidió la fabricación de dovelas conjugadas en un molde metálico para una columna completa de 7 dovelas. De esta forma podía garantizarse la pequeña tolerancia exigida.

Sin embargo, trabajar con el molde en la posición de servicio de las dovelas suponía crear una estructura de 45 m de altura para el hormigonado de las piezas, decidiéndose por lo tanto la fabricación de las piezas en posición girada 90° con respecto a la de servicio, es decir, fabricar la columna en posición horizontal. Las piezas se fabrican, acopian y transportan en esa posición y se voltean en obra para realizar el montaje en su posición correcta.

El resto de las piezas eran idénticas entre sí dentro de cada tipo por lo que la dificultad de su fabricación se reducía a la ejecución del molde con la precisión requerida, con la salvedad de los tramos de escaleras, que unía la complejidad del molde con el hormigonado en posición girada con respecto a la de servicio.

Todos los moldes se hicieron metálicos y sus dimensiones eran comprobadas antes del hormigonado de cada pieza para asegurar su precisión, repitiéndose la comprobación sobre la propia pieza, una vez desmoldada.

Para la ferralla y vainas de postesado, a la complicada forma de las dovelas, con superficies curvas y sección variable, se sumó la dificultad de colocación en el molde que, en la posición de fabricación, presenta superficies inferiores, sobre las que trabajan los operarios, con fuerte pendiente (30°) que dificulta los movimientos, reduciendo sensiblemente los rendimientos.

La compactación del hormigón se realizó con la ayuda de vibradores de molde estratégicamente situados, obteniéndose un resultado plenamente satisfactorio ya que, a pesar del tamaño de las piezas, no hubo ningún problema de coqueras o deficiencias de compactación, ni superficiales ni profundas, en ninguna de las piezas.

5.2.- Transporte, acopios y volteo:

A pesar del tamaño de las piezas, que suponía la realización del transporte especial con 3,61 m de anchura y cerca de 6,00 m de altura (para la dovela mayor) no se produjo ningún accidente en el total desarrollo de la obra, con un recorrido de 280 km desde la factoría de Andujar hasta el Aeropuerto de Málaga. Sin embargo, a pesar de haberse realizado un detenido estudio de los puntos de enganche para las operaciones de



manipulación y volteo, se produjo algún pequeño desconchón que fue preciso reparar, como consecuencia de los múltiples movimientos desde la salida del molde hasta su posición definitiva en obra.

5.3.- Montaje:



El montaje de las dovelas y resto de estructura interior (losas, escaleras y vigas) se llevó a cabo mediante una grúa LIEBHERR LG-1550 de 550 Tn de capacidad que manejaba la pieza más pesada (43 Tn) con un radio de 45 m, con la precisión requerida. La principal

dificultad estribaba en el empalme de las barras de pretensado que, a causa de la curvatura de las superficies de las piezas, tienen una dirección de salida distinta de la vertical,



dificultando el encuentro con el extremo de las barras de la dovela inferior. Sin embargo, tras unos ensayos en fábrica, previamente a la fabricación de las dovelas, se consiguió el procedimiento apropiado para realizar los empalmes sin excesivos problemas, llegándose a montar 3 dovelas en un mismo día.

La unión entre dovelas conjugadas se realizaba con interposición de una fina capa de resina epoxi de color blanco.

Desde la colocación de la 1ª dovela (20 diciembre) hasta la terminación del montaje de la totalidad de las piezas del fuste (7 marzo) transcurrió un plazo de dos meses y medio a pesar de coincidir con una época abundantes lluvias y las festividades de Navidad, Año Nuevo y Reyes.

6.- PLANTAS SUPERIORES. EL FANAL:

Las tres plantas superiores del fuste, que corresponden al sistema de arriostramiento y presentan una variación de forma en planta se realizaron con losas macizas hormigonadas in situ, conectadas con las dovelas a través de esperas de armadura pasiva. Dicha solución permite resolver la necesidad de rigidez que el arriostramiento conlleva y sobre todo adaptarse a las exigencias funcionales y arquitectónicas en cuanto a huecos de paso de instalaciones, escaleras, poleas de ascensores, etc.



La gran altura, y el poco espacio disponible en las plantas superiores requirió la máxima coordinación entre los equipos de trabajo, y las máximas medidas de seguridad. Es fundamentalmente la correcta ejecución de estos elementos puesto que sobre ellos se situaría el fanal, con un elevado número de pasos de conexión, y cuya estructura metálica se coloca por encima del fuste de hormigón.

El diseño estructural previsto resuelve dos problemas opuestos: por un lado, es necesario reducir al máximo el número y las dimensiones de los pilares estructurales para que no impidan la visión hacia las pistas del Aeropuerto; por el otro lado, los requisitos de seguridad para el acristalamiento obligan dotar la estructura de rigidez suficiente para limitar las deformaciones originadas por las acciones sísmicas.

PROPIEDAD: AENA

Director de obra: D. Miguel Jurado

PROYECTO: G.O.P.

Autores: D. Bruce Fairbanks y D. Juan Montero

CALCULO ESTRUCTURAL: REDESCO

EMPRESA CONSTRUCTORA: F.C.C.

PREFABRICACIÓN Y MONTAJE: ALVISA

PRETENSADO: ALVISA Y MK4

II CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

Realizaciones, Estructuras varias.



CONSTRUCCIÓN NUEVA TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE MALAGA

BRUCE FAIRBANKS

JOSÉ LUIS LLEYDA

JAVIER LÓPEZ

JESÚS MONTANER

EDUARDO MONTERO

RESUMEN DE LA COMUNICACIÓN:

1.- PREÁMBULO:

Las expectativas de incremento de afluencia turística en la Costa del Sol en los próximos años, gran parte de la cual llega a Málaga por vía aérea, obliga el planteamiento de una ampliación muy significativa de todas las instalaciones aeroportuarias, (terminal, accesos, etc), abanderada por la nueva Torre de Control, núcleo principal del funcionamiento del aeropuerto y que constituye la primera actuación, a partir de la que se va a desarrollar la futura remodelación-ampliación de todo el complejo.

2.- COMPOSICIÓN DEL EDIFICIO:

El conjunto del edificio de la nueva torre se compone de una amplia zona inferior, para aparcamiento, vestíbulo, zona administrativa, mantenimiento y servicios, en tres plantas (sótano, baja y primera), limitada por un perímetro dodecagonal, y de la torre propiamente dicha que sirve de acceso a la zona de control aéreo con dos plantas de instalaciones y equipos más la última, el fanal, donde se desarrolla el trabajo de los controladores aéreos.

Tanto el suelo de la planta baja como la fachada portante y el complicado entramado de la Torre se han concebido y resuelto con elementos prefabricados de hormigón armado y pretensado.

El proyecto ha definido por completo todos los detalles, tanto la descripción precisa de cada pieza como sus uniones, llevándose a cabo la ejecución ajustada por completo a las indicaciones del proyecto, exceptuándose la variación de muy pocos detalles que se modificaron en un intento de facilitar algunos aspectos para conseguir el encaje de todas las piezas.

Se trata de un edificio singular y, como tal, se acometió tras un estudio minucioso de todos sus detalles, que dio lugar a un planteamiento específico para todo el proceso de fabricación, acopios, transporte y montaje.

3.- CIMENTACIÓN Y SÓTANO:

El terreno donde se sitúa la Torre presenta una capas superficiales (hasta aproximadamente 5 m. por debajo de la superficie) de arcillas de alta expansividad y lentejones de arenas sueltas cuyas características no son aptas para la cimentación directa de la estructura. Sin embargo, la cota de suelo del sótano corresponde a la zona superior de un estrato de gravas arenosas densas, que permite la ejecución de una cimentación directa mediante losa empotrada.

La cimentación es de tipo directo mediante losa armada. En la zona central, correspondiente a la cimentación del propio fuste, se utiliza una losa maciza de espesor constante 1,20 m; en la zona exterior, correspondiente a la superficie de la edificación de planta baja, se emplea una losa nervada, de espesor 0,40 m con unos nervios radiales de 0,70 m de canto.

Dicha solución permite resolver adecuadamente la cimentación, teniendo en cuenta tanto los límites de tensiones admisibles en el terreno y de deformaciones instantáneas y deferidas, así como las recomendaciones resultantes del Estudio de Mareas, que indica como adecuado un espesor de losa mínimo de 30-40 cm.

La losa superior del sótano, que constituye el forjado de apoyo de la zona administrativa del edificio de base, se realiza con un sistema de vigas prefabricadas y placas semiprefabricadas completadas con una capa de hormigón in situ. La zona central, correspondiente a la zona de intersección con el fuste, es de losa maciza de hormigón armado.

Los extremos de las vigas principales estaban diseñados con elementos de unión especiales (perfiles metálicos salientes, ménsulas o armadura vista), según la coacción requerida, simple apoyo o empotramiento.

4.- ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS BAJA Y 1º:

La estructura de la cubierta de las plantas inferiores es una lámina plegada de hormigón, que apoya en el perímetro exterior sobre unos elementos de fachada prefabricados, y en el perímetro interior se conecta con los elementos resistentes del fuste.



Dicha estructura, cuyas raíces se remontan a la gran tradición de las cubiertas en láminas delgadas tan presente en la historia de la arquitectura moderna, se justifica tanto por razones estéticas como de optimización estructural.

El tipo estructural de la lámina permite utilizar unas superficies de hormigón de espesores muy reducidos, sometidas a bajos niveles de esfuerzos, dado que el fenómeno resistente, marcadamente espacial, depende básicamente de la forma del conjunto, organizándose el flujo de tensiones en esfuerzos coplanares con las superficies resistentes, y eliminando casi totalmente la aparición de flectores significativos.

La forma de las láminas corresponde a unas superficies regladas, permitiendo una solución racional para la ejecución de los encofrados. El hormigonado se realiza con la técnica de “gunitado”, hoy en día perfectamente conocida y utilizada en muchas aplicaciones estructurales, que permite la obtención de láminas de espesores controlados con la rapidez y nivel de calidad necesarios para la obra en cuestión.

Toda la cubierta de la planta baja descansa a lo largo de su perímetro exterior, de \simeq 170 m de longitud, en unas piezas prefabricadas de hormigón blanco, muy esbeltas, en forma de X, que se enlazan formando una corona de planos inclinados y que apoyan exclusivamente en 12 rótulas esféricas de acero inoxidable sobre la coronación del muro del sótano.

Cada una de estas piezas X, de muy poca rigidez, con un desarrollo superficial de 14 m de ancho y 7,50 m de alto y sólo 0,30 m de espesor, debía ser montada en obra en un plano

inclinado 60° sobre la horizontal, sobre una rótula esférica en cada una de las dos esquinas inferiores, rótulas compartidas con las piezas X contiguas. El montaje de estas piezas supuso un reto de habilidad para el equipo humano que se ocupó del mismo. Una vez colocadas en su posición, eran arriostradas con tirantes y así permanecían hasta la total ejecución de la cubierta laminar que, además de transmitir su carga a la fachada, le proporciona la estabilidad lateral necesaria.



El ensamble de las piezas entre sí presentó un punto especialmente delicado: el cosido pretensado en el apoyo sobre la rótula esférica, con enfilado de barras de alta resistencia ϕ 36 mm, con directriz circular de $R = 2$ m .

Antes del tesado en obra, se realizaron ensayos en fábrica para comprobar el comportamiento de estas barras con una relación radio/diámetro = $200/3,6 = 55$, valor inusual que aconsejó su experimentación para garantizar la seguridad resistente de la unión.

El transporte de las piezas X desde la factoría de ALVISA en Andujar hasta Málaga resultaba absolutamente inviable dada la magnitud de sus dimensiones. Fue preciso realizar la fabricación de cada pieza en dos elementos V que, una vez en obra, eran unidos en su vértice con barras pretensadas formando la X, antes del montaje.

Con un perímetro menor, más próximo a la Torre, se forma la cubierta laminar de la 1ª planta, soportada exteriormente por su fachada con piezas prefabricadas en forma de V, constituyendo también una corona de planos inclinados, sin dificultad de montaje, al menos en comparación con su “hermana mayor” de la planta baja.

5.- EL FUSTE DE LA TORRE:

La estructura completa del fuste se forma con el ensamble interrelacionado de 42 dovelas, 12 losas de entreplanta, 26 tramos de escalera y 44 vigas de atado perimetral, todas ellas

prefabricadas en hormigón blanco. Las dovelas forman el cuerpo principal resistente configurando 6 columnas pretensadas de 7 dovelas diferentes, arriostradas entre sí por las losas, tramos de escalera y vigas de atado.

Cada dovela, además de su correspondencia con la dovela inferior y superior, presenta uniones con 2 losas ó 2 tramos de escalera y 4 vigas de atado. A su vez, cada tramo de escalera se une a 2 losas y 1 dovela; cada losa encaja con 4 dovelas, 4 tramos de escalera y 4 vigas. Por último cada viga de atado se une a otra viga, 2 dovelas y 1 losa.

5.1. Planteamiento de la fabricación:

Esta interrelación entre los distintos elementos prefabricados, con uniones que permiten muy poca tolerancia en las posiciones respectivas, obliga a plantearse la fabricación de las piezas con unos requisitos, en cuanto a la tolerancia de sus dimensiones, poco frecuentes. Se vio así la necesidad de conseguir piezas de hormigón (dovelas) de dimensiones 6,48 x 3,61 x 4,80 m, forma irregular y superficies curvas, con tolerancias de 2 mm en cualquiera de sus dimensiones y en la posición de los elementos de unión con el resto de las piezas.



Teniendo en cuenta esta premisa, tras valorar distintas posibilidades, se decidió la fabricación de dovelas conjugadas en un molde metálico para una columna completa de 7 dovelas. De esta forma podía garantizarse la pequeña tolerancia exigida.

Sin embargo, trabajar con el molde en la posición de servicio de las dovelas suponía crear una estructura de 45 m de altura para el hormigonado de las piezas, decidiéndose por lo tanto la fabricación de las piezas en posición girada 90° con respecto a la de servicio, es decir, fabricar la columna en posición horizontal. Las piezas se fabrican, acopian y transportan en esa posición y se voltean en obra para realizar el montaje en su posición correcta.

El resto de las piezas eran idénticas entre sí dentro de cada tipo por lo que la dificultad de su fabricación se reducía a la ejecución del molde con la precisión requerida, con la salvedad de los tramos de escaleras, que unía la complejidad del molde con el hormigonado en posición girada con respecto a la de servicio.

Todos los moldes se hicieron metálicos y sus dimensiones eran comprobadas antes del hormigonado de cada pieza para asegurar su precisión, repitiéndose la comprobación sobre la propia pieza, una vez desmoldada.

Para la ferralla y vainas de postesado, a la complicada forma de las dovelas, con superficies curvas y sección variable, se sumó la dificultad de colocación en el molde que, en la posición de fabricación, presenta superficies inferiores, sobre las que trabajan los operarios, con fuerte pendiente (30°) que dificulta los movimientos, reduciendo sensiblemente los rendimientos.

La compactación del hormigón se realizó con la ayuda de vibradores de molde estratégicamente situados, obteniéndose un resultado plenamente satisfactorio ya que, a pesar del tamaño de las piezas, no hubo ningún problema de coqueras o deficiencias de compactación, ni superficiales ni profundas, en ninguna de las piezas.

5.2.- Transporte, acopios y volteo:

A pesar del tamaño de las piezas, que suponía la realización del transporte especial con 3,61 m de anchura y cerca de 6,00 m de altura (para la dovela mayor) no se produjo ningún accidente en el total desarrollo de la obra, con un recorrido de 280 km desde la factoría de Andujar hasta el Aeropuerto de Málaga. Sin embargo, a pesar de haberse realizado un detenido estudio de los puntos de enganche para las operaciones de



manipulación y volteo, se produjo algún pequeño desconchón que fue preciso reparar, como consecuencia de los múltiples movimientos desde la salida del molde hasta su posición definitiva en obra.

5.3.- Montaje:



El montaje de las dovelas y resto de estructura interior (losas, escaleras y vigas) se llevó a cabo mediante una grúa LIEBHERR LG-1550 de 550 Tn de capacidad que manejaba la pieza más pesada (43 Tn) con un radio de 45 m, con la precisión requerida. La principal

dificultad estribaba en el empalme de las barras de pretensado que, a causa de la curvatura de las superficies de las piezas, tienen una dirección de salida distinta de la vertical,



dificultando el encuentro con el extremo de las barras de la dovela inferior. Sin embargo, tras unos ensayos en fábrica, previamente a la fabricación de las dovelas, se consiguió el procedimiento apropiado para realizar los empalmes sin excesivos problemas, llegándose a montar 3 dovelas en un mismo día.

La unión entre dovelas conjugadas se realizaba con interposición de una fina capa de resina epoxi de color blanco.

Desde la colocación de la 1ª dovela (20 diciembre) hasta la terminación del montaje de la totalidad de las piezas del fuste (7 marzo) transcurrió un plazo de dos meses y medio a pesar de coincidir con una época abundantes lluvias y las festividades de Navidad, Año Nuevo y Reyes.

6.- PLANTAS SUPERIORES. EL FANAL:

Las tres plantas superiores del fuste, que corresponden al sistema de arriostramiento y presentan una variación de forma en planta se realizaron con losas macizas hormigonadas in situ, conectadas con las dovelas a través de esperas de armadura pasiva. Dicha solución permite resolver la necesidad de rigidez que el arriostramiento conlleva y sobre todo adaptarse a las exigencias funcionales y arquitectónicas en cuanto a huecos de paso de instalaciones, escaleras, poleas de ascensores, etc.



La gran altura, y el poco espacio disponible en las plantas superiores requirió la máxima coordinación entre los equipos de trabajo, y las máximas medidas de seguridad. Es fundamentalmente la correcta ejecución de estos elementos puesto que sobre ellos se situaría el fanal, con un elevado número de pasos de conexión, y cuya estructura metálica se coloca por encima del fuste de hormigón.

El diseño estructural previsto resuelve dos problemas opuestos: por un lado, es necesario reducir al máximo el número y las dimensiones de los pilares estructurales para que no impidan la visión hacia las pistas del Aeropuerto; por el otro lado, los requisitos de seguridad para el acristalamiento obligan dotar la estructura de rigidez suficiente para limitar las deformaciones originadas por las acciones sísmicas.

PROPIEDAD: AENA

Director de obra: D. Miguel Jurado

PROYECTO: G.O.P.

Autores: D. Bruce Fairbanks y D. Juan Montero

CALCULO ESTRUCTURAL: REDESCO

EMPRESA CONSTRUCTORA: F.C.C.

PREFABRICACIÓN Y MONTAJE: ALVISA

PRETENSADO: ALVISA Y MK4