Instituto Ortopédico Galeazzi, Milán:

Italia – Fundiendo una cimentación récord

Andrea Dari. INCONCRETO

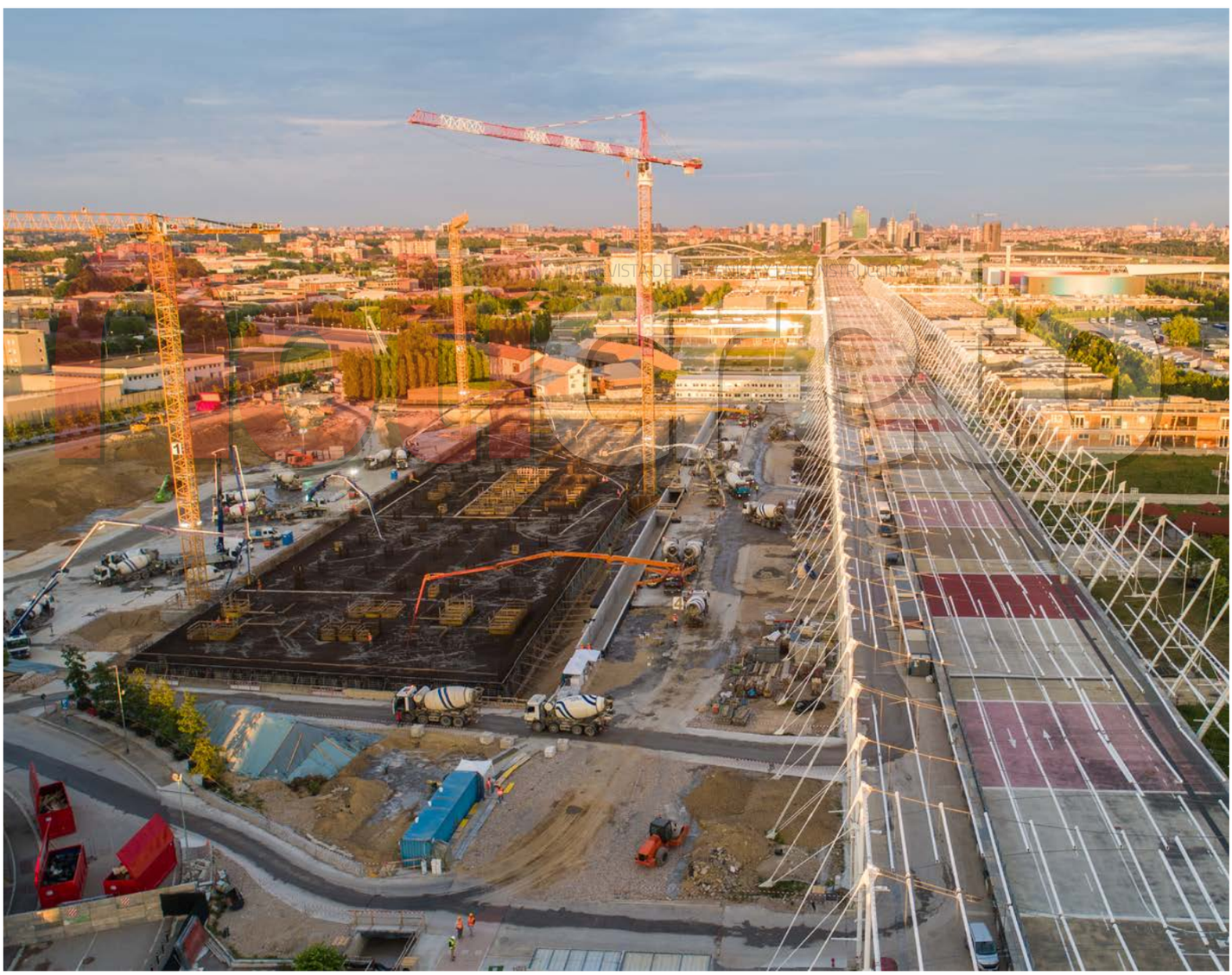

Foto 1. Proyecto placa Instituto Ortopédico Galeazzi.
CORTESÍA UNICAL

En la actualidad no se concibe la construcción de un edificio sin tener al concreto como uno de sus materiales constituyentes. Poco o mucho, para uso residencial o de servicio, en zonas sísmicamente activas o no, el concreto tiene funciones y propiedades que lo hacen insustituible, especialmente para determinadas aplicaciones. Adicionalmente, si se tiene en cuenta la evolución tecnológica del material, en la actualidad es posible formular diseños futuristas que unos años antes se consideraban irrealizables, y que logran resultados de gran importancia en términos económicos, de rendimiento, funcionales y arquitectónicos.

Un claro ejemplo de todo esto pudo verse en la construcción de la placa de cimentación del nuevo Instituto Ortopédico Galeazzi en Milán, Italia, un edificio hospitalario que tendrá cerca de 100 m de altura, cuyos diseñadores decidieron cimentar sobre una placa monolítica de concreto de 190 m x 50 m de superficie y 3,5 m de espesor, para un volumen de concreto aproximado de 33.000 m^3. Giuseppe Mancini, profesor de Ingeniería Estructural del Politécnico de Turín, aclaró que la elección del sistema se debió a razones de naturaleza económica, de tiempo y de seguridad:

- Comodidad desde el punto de vista estático y de rendimiento. El sistema hizo posible explotar de la mejor manera el rendimiento de la placa, logrando ahorro en el refuerzo y las uniones.
- Reducción en los tiempos de colocación. Una placa como esta, vaciada en varias etapas, habría requerido semanas para su colocación, y no un tiempo tan breve.
- Mejor calidad del producto y reducción de desperdicios.
- Disminución de riesgos en la seguridad del trabajador.

Se bombearon **33.006 m^3** de concreto durante **94 horas, sin parar.**

noticreto LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

Foto 2. Se bombeó concreto durante 94 horas sin parar.
CORTESÍA UNICAL

Era un trabajo desafiante; sin embargo, debido a la decisión de los diseñadores de vaciar todo el concreto en una operación única y sin interrupción, la obra se convirtió en un récord y un orgullo para sus ejecutores. Hasta hace poco esta marca la ostentaban otros proyectos, como los 12.500 m^3 de la Torre San Paolo en Turín en 2010, los 16.200 m^3 bombeados para el Wilshire Grand Center en Los Ángeles en 2014, los 20.246 m^3 logrados en 2017 en Sharjah, Emiratos Árabes Unidos, o los 32.316 m3 bombeados en la construcción del proyecto de la represa de Polavaram, en Andhra Pradesh, India. El 7 de enero de 2019, sin embargo, los 33.006 m^3 de concreto bombeado sin pausa durante 94 horas, abrieron un nuevo capítulo en la historia del concreto bombeado.

El martes 28 de mayo de 2019, a las 11:30 am, se completó el vaciado de concreto de la placa de cimentación más grande de Europa. Se trató de 33.000 m^3 de concreto bombeado sin parar durante 94 horas en 3.304 viajes con el trabajo de 240 hombres, día y noche.

Abastecimiento, producción y puntos de control

Para cumplir con el suministro de concreto, que tuvo un ritmo superior a 342 m^3/h, fue necesario comprometer 7 plantas mezcladoras,10 puntos de carga, 8 bombas de chorro activo, 6 bombas de repuesto, 85 camiones mezcladores en 2 turnos de conducción por día (170 conductores), 30 operadores de bombas y técnicos de mantenimiento (15 de terceros), con un total de hasta 106 personas. Al final, se realizaron 3.304 viajes a un promedio de casi 10 m^3/viaje.

Detrás de estas cifras récord hay un proyecto extremadamente organizado, en el cual fue necesario coordinar la producción, el transporte, el uso de bombas, el control durante la instalación, la entrega y el suministro a las plantas durante 96 horas, día y noche. El proceso de producción se adaptó al inmenso vaciado de concreto en el cual, para suministrar un material homogéneo en la boca de la bomba, la producción tuvo que ser cuidadosamente coordinada entre siete plantas con diferentes tiempos de entrega, con el fin de evaluar las típicas variables de producción que caracterizan cada fase de dosificación, e identificar y anticipar los posibles imprevistos durante la producción y transporte que pudieran presentarse durante las 96 horas de colocación.

La producción fue simple y rápida, ya que se limitó a la carga adecuada de los componentes precisos de la mezcla, incluida la cantidad de agua inicial a dosificar, ligeramente reducida en comparación con la requerida para el objetivo de asentamiento. Posteriormente se realizaron los ajustes del agua faltante en los puntos de control en el sitio de construcción. Antes de llegar al control en obra, y después de finalizar la descarga de la mezcla, cada mezcladora se detuvo en los puntos de control de concreto, siendo ellas una parte real que se integraba al proceso de producción, casi como una extensión de la planta. En los puntos de control había técnicos encargados de verificar la fluidez y la reología del concreto a través de ensayos y evaluaciones. Con base en los controles realizados se realizaron pequeñas integraciones, en los momentos en que fue necesario, de manera que se alcanzara el rendimiento esperado del concreto. Todos los parámetros de cada carga fueron registrados.

Capacitación y formación

Como era de esperarse, no bastó con elegir los materiales ideales, estudiar en detalle la mezcla y definir con precisión cada uno de los pasos del proceso. El conocimiento técnico y las buenas prácticas son aspectos clave en la concepción de un proyecto; sin embargo, de nada sirve si el personal que lo ejecutará no está capacitado y no entiende a cabalidad lo que se va a realizar. Todos los operadores: de planta, obra, transporte y entrega, fueron capacitados antes de iniciar la construcción. Para cada función se crearon guías que no solo describían sus operaciones, sino también explicaban el papel de cada actor en el proyecto, la importancia de sus acciones, los objetivos y la identificación de los resultados esperados.

La capacitación fue la base de una estrategia exitosa, un resultado que se obtuvo gracias a la conciencia generalizada del papel que cada uno tenía que jugar y su importancia dentro de todo el proceso para llevar a feliz término el proyecto.

Foto 3. La capacitación fue la base de una estrategia exitosa.
CORTESÍA UNICAL

Más de 33.000 m³ de concreto de rendimiento especial

El concreto requerido no era simplemente uno de Rck 40[1], ni un SCC[2], así hubiese sido mucho más sencillo. Para que el diseño de mezcla para la placa monolítica fuera exitoso y no presentara fisuras internas (invisibles, pero letales), el concreto debía desarrollar en el tiempo sus características técnicas de acuerdo con unas curvas predefinidas:

- Resistencia a la tensión vs. tiempo
- Módulo de elasticidad vs. tiempo
- Retracción plástica vs. tiempo
- Deformación viscosa vs. tiempo
- Temperatura vs. tiempo

Foto 4. Se realizaron controles de calidad de la mano de 36 técnicos especializados en concreto.

1: 40 MPa de resistencia a la compresión medida en cubos.
2: SCC. Self-compactating Concrete: concreto autocompactante.

El concreto, preparado con un cemento especial, y sus parámetros de control, fueron diseñados por prestigiosas firmas internacionales. El bombeo de la placa monolítica de cimentación, de impresionante volumen cercano a 33.000 m³, es el caso típico en que se encara un problema tan relevante como el calor de hidratación. Para evitar que, durante el vaciado y las fases de fraguado y maduración, la placa pudiera incurrir en fisuras muy graves por contracción térmica, causadas por la brecha excesiva entre la alta temperatura del núcleo y la baja temperatura de las zonas externas de la placa, la temperatura del concreto tuvo que mantenerse lo más baja posible durante el fraguado para luego ser enfriada bajo control.

Por este motivo se utilizó un concreto especial autocompactante y de bajo calor de hidratación, formulado para garantizar un proceso de calentamiento adiabático por debajo de 40° C, permitiendo que la estructura no excediera los 70° C en ningún punto durante el clima primaveral de mayo. De la misma manera, el concreto tuvo que llenar la formaleta gigante con un bombeo continuo sin vibrar, pues toda la estructura debía ser monolítica, sin que se generaran juntas frías. El producto seleccionado tenía tiempos de fraguado muy largos, así como fluidez y cohesión que permitían que cada capa lanzada se adhiriera a la capa subyacente, ambas en estado fresco. Todos los agregados provinieron de la misma cantera, de manera que se obtuvieran los mejores resultados y una se mantuviera una composición pétrea lo más uniforme posible. Para la selección de la cantera se analizaron agregados de diferentes orígenes que, una vez identificados como los más adecuados para el rendimiento esperado, su producción dispuso de amplio almacenamiento en la cantera de manera de contar siempre con los volúmenes necesarios para la mezcla de concreto.

Antes de la iniciar cualquier actividad productiva –y para obtener un pronóstico correcto del rendimiento que debía conseguir el concreto– se realizaron todo tipo de controles sobre la mezcla, en especial aquellos enfocados al desarrollo de calor. En los ya mencionados puntos de control, durante la fase de lanzamiento, se efectuaron cerca de 340 retiros oficiales de material para toma de muestras y 3.400 ensayos de calidad con el apoyo de 36 técnicos especializados en concreto, precisamente para tener un control integral del material.

Finalmente, y con el objetivo de evaluar la calidad de la capacidad de auto compactación, se hicieron controles en cada camión mezclador con un chequeo de asentamiento con V-Funnel en prácticamente todas las entregas. En el vaciado se instalaron termocuplas para monitorear el desarrollo del calor de hidratación.

En el proceso y con los materiales implementados se logró tal calidad que, a pesar de la magnitud del área de construcción y del lanzamiento durante 94 horas consecutivas, no se rechazó ni un solo viaje de concreto, además del destacable resultado de cero accidentes.

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

Foto 5. Al inicio del vaciado se calibraron todos los parámetros de carga y transporte.
CORTESÍA UNICAL

Foto 6. Equipo técnico colombiano de visita en el proyecto.
CORTESÍA ARGOS Y MAPEI

Proceso de vaciado

Los cinco días de vaciado tuvieron un inicio de aproximadamente seis horas durante las cuales se registraron y calibraron todos los parámetros de carga y transporte bajo la supervisión directa del personal especializado. Cumplido este paso comenzó la fase de bombeo continuo sin interrupciones y por estratificación horizontal homogénea hasta el final. El proceso constructivo implicó que no se previeran áreas de acumulación inicial que fueran acomodadas y compactadas, lo cual fue natural dadas las propiedades del concreto autocompactante. Sin embargo, es preciso aclarar que fue necesario proceder de esta manera para respetar el modelo de cálculo estructural de los diseñadores. De igual manera, los puntos de descarga se movían continuamente con las bombas situadas en puntos clave. Como ya se indicó, cada 'capa' de concreto fue cubierta por la siguiente capa unas pocas horas después, sin temor al problema de un fraguado temprano considerando las propiedades del concreto de bajo calor de hidratación requerido.

El nuevo edificio

El nuevo Instituto Ortopédico Galeazzi tendrá 150.000 m^2 construidos y 17 pisos, uno de los cuales es subterráneo; 338 habitaciones de hospitalización y 589 camas. En la planta baja estarán los servicios de emergencia, las principales unidades de diagnóstico y espacios para la recepción de pacientes y sus cuidadores. Se prestará especial atención a los pacientes con discapacidades y con necesidades específicas. Las habitaciones son dobles y están del noveno al decimosexto piso, son amplias, luminosas y cuentan con baño. Además, tendrá 35 salas de cirugía y 140 para procedimientos ambulatorios. Estas son cifras de una estructura que acogerá a 650 médicos y otro tanto número de estudiantes de medicina. Mientras que, en cuanto al espacio público, la nueva sede también permitirá que el Instituto disponga de un gran espacio verde de cerca de 20.000 m^2.

El proyecto de la placa de cimentación fue entregado el 14 de febrero por el presidente del grupo hospitalario San Donato, Paolo Rotelli. El edificio se construirá dando especial atención al impacto ambiental: con materiales respetuosos con el medio ambiente y un funcionamiento del equipamiento que reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero y utilizará energías renovables.