

memoria

El Método del Camino Crítico en la ingeniería colombiana*

Los hitos en la ingeniería no se refieren necesariamente a la construcción de obras físicas, sino también a los momentos que marcan cambios en las maneras de pensar la disciplina y en la actitud frente al manejo de las obras. En esta ocasión, la *Revista de Ingeniería* se propone recordar la introducción de los esquemas de planeación, programación y control tanto en la academia como en el ejercicio profesional en Colombia, a partir del proyecto de planeación y construcción del Edificio de Avianca (1968). Sin duda, un hito no sólo urbano sino también de la ingeniería del país.

Uno de los primeros trabajos que la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes realizó con el sector externo fue el proyecto de planeación, progra-

mación y control de la construcción del Edificio Martín del Corral (1968, 27.000 m², carrera 13 con calle 26). Un proyecto posterior, más amplio y ambicioso que el primero debido a su tamaño y a la tecnología usada, fue la construcción del Edificio de Avianca (1968, 37.250 m², calle 16 con carrera 7ª sobre el Parque Santander; en ese entonces, el edificio más alto de Sur América)¹. Así lo anotó en 1969 la revista *Anales de Ingeniería*: “La terminación del Edificio de Avianca (...) es el resultado de más de cuatro años del esfuerzo coordinado de una serie de arquitectos e ingenieros colombianos para llevar a cabo un proyecto arquitectónico y una obra de ingeniería que puede catalogarse como de avanzada, no solamente en nuestro país sino en el mundo” [1].

* La memoria fue escrita por Paola Estrella a partir de las entrevistas realizadas a José Ignacio Rengifo y a Álvaro Silva Fajardo por parte de Antonio García Roza.

1 Las empresas de consultoría y construcción que trabajaron la construcción del edificio fueron: Esguerra, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. en asociación con Ricaurte, Carrizosa y Prieto Ltda., planos arquitectónicos; Doménico Parma, planos y cálculos estructurales; Antonio Páez Restrepo, estudio de suelos y cimentación; Ingeniería Ltda., instalaciones hidráulicas y sanitarias; Schrader, Camargo y Cía., instalaciones eléctricas; Centro Colombiano de la Construcción y Universidad de los Andes, planeación, programación y control; Restrepo y Uribe Ltda., interventoría; Consultores Proyectistas Asociados, asesoría en ingeniería y arquitectura; Álvaro Tapias y Cía., aire acondicionado y ventilación; Roberto Bermúdez, decoración [1, 2] .



"Edificio Avianca" . S.F. Esquerro, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. Propiedad: Rafael Esquerro Arquitectos.

La planeación, programación y control del Edificio Martín del Corral estuvo a cargo de los profesores Eduardo Bayona de Francisco y Álvaro Villaveces, y la del Edificio de Avianca a cargo de José Darío Velázquez Londoño y José Ignacio Rengifo, adscritos todos al Departamento de Ingeniería Civil. En los dos casos se utilizó un sistema novedoso: el Método del Camino Crítico (CPM, por su nombre en inglés *Critical Path Method*) o Método de Secuencia Crítica, que tuvo sus inicios en los Estados Unidos en el año de 1957 y que, con el paso del tiempo, se incorporó de un modo natural en el proceso de la construcción en el país.

Álvaro Villaveces lo describía así en 1966: "El Método de Secuencia Crítica permite analizar un proyecto de manera sencilla. El proyecto se supone compuesto de labores o 'actividades' y para representarlo se definen las actividades que lo componen y las relaciones de secuencia lógica que existe entre ellas. En base a (sic) esta definición, el método permite calcular varios 'tiempos' para cada actividad del proyecto. Estos 'tiempos' llevan a coordinar la ejecución de actividades muy diversas y facilitan su programación, a la vez que identifican las actividades críticas, es decir, aquellas que determinan fundamentalmente la duración



Cimentación y postensado. "Edificio Avianca" S.F. Esquerria, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. Propiedad: Rafael Esquerria Arquitectos.

total de la proyecto (...) En resumen, el Método de Secuencia Crítica constituye hoy por hoy el instrumento más efectivo con que cuenta cualquier contratista para llegar a conocer y entender a fondo su proyecto. A medida que se pone en práctica, el Método va ganando mayor aceptación debido a los increíbles resultados que de su aplicación se obtienen" [3].

El CPM se introdujo en las aulas de la Universidad de los Andes en 1966 con la vinculación de Velázquez y Rengifo al Departamento de Ingeniería Civil, quienes regresaron de terminar sus estudios de postgrado en Stanford University y en University of New Mexico, donde aprendieron el uso de esta herramienta [4]. Por otra parte, tres profesionales más, Urbano Ripoll, Arturo Londoño y Álvaro Silva Fajardo, financiados por Camacol, se capacitaron en el mismo año en el Bowm Centrum de Holanda y regresaron al país para trabajar en el Centro Colombiano de la Construcción, formado por Camacol, y en el Bowm Centrum de Colombia [5].

José Darío Velázquez, en representación de la Universidad de los Andes, se encargó en este mismo año de formalizar el contrato compartido entre Uniandes, el Centro Colombiano de la Construcción y Juan Pablo Ortega, presidente de Avianca, para planear, programar y controlar la obra del Edificio que albergaría las oficinas de la compañía. La planeación y la programación de este proyecto estuvieron a cargo de Jairo Calderón y Álvaro Silva Fajardo, por parte del Centro Colombiano de la Construcción, y de José Darío

Velázquez. A su vez, el control de programación y la actualización de los programas fueron llevados a cabo por Germán Borda, arquitecto del Bowm Centrum de Colombia, y por Pepe (José Ignacio) Rengifo, tras el retiro de Velázquez de la universidad. En el proyecto el equipo utilizó el CPM, la programación lineal y el sistema de series, todo realizado con métodos manuales.

En el proyecto del Edificio de Avianca se tuvo la mayor expresión de las experiencias recopiladas por estos jóvenes profesionales en el extranjero, ya que fue de una de las primeras veces en que la planeación, la programación y el control funcionaron en forma eficiente; se trataba, además, de un edificio complejo y en él se hicieron *caissons* por primera vez en el país [5]. "Pepe" Rengifo anota: "Creo que el aporte del método de planeación, programación y control mediante el CPM fue fructífero (...). Había mucha renuencia respecto al uso de este método en aquel momento, pues se creía que se hacía un programa fijo sobre cómo debía ser la obra (lo cual era un requisito para que se la adjudicaran a un constructor) a pesar de que desde el inicio de la misma se presentaban retrasos o adelantos y que, por tanto, el programa inicial dejaba de ser una guía absolutamente confiable. La insistencia de las personas que creíamos en el método iba dirigida a demostrar que sus ventajas provenían de llevar el control con base en un programa actualizado, lo cual permitía detectar dificultades, causas de atrasos, secuencias mal planeadas, actividades mal programadas, etc. Lo anterior permitía a los constructores y a los



"Edificio Avianca" S.F. Esquerro, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. Propiedad: Rafael Esquerro Arquitectos.

proyectistas tomar decisiones encaminadas a cumplir con los plazos de entrega o a procurar que los atrasos fueran lo más pequeños posibles" [4].

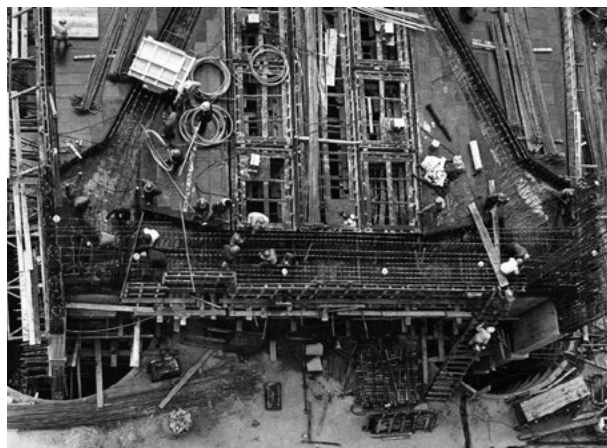
En nombre de la Universidad de los Andes, Pepe Rengifo y Luis Enrique, el "Chief", Amaya trabajaron en otros proyectos después del Edificio de Avianca (Termozipa, Telecom Niza, entre otros) y aportaron sus conocimientos de este método que aún no estaba en uso en el país, teniendo muy claro desde entonces que la Universidad procura no hacer consultoría, para no competir con sus egresados en las firmas de ingeniería. Por su parte, Camacol analizaba cómo se implementaría en Colombia un sistema de producción serial en vivienda de interés social en el que hubiera altos índices de repetición (los primeros trabajos se realizaron con el Banco Central Hipotecario y el Instituto de Crédito Territorial, así como con algunas entidades privadas).

La experiencia en el uso de estas herramientas y en el desarrollo de estos proyectos regresó a la academia a finales de la década de los 60 y principios de los 70. En Los Andes se ofreció el curso de postgrado "Sistemas manuales de planeamiento y control de la construcción", dictado por Velázquez antes de su retiro "con el patrocinio de la Organización Panamericana de la Salud y con la colaboración del profesor John W. Fondhal, creador de los sistemas manuales de secuencia crítica" [6, 7] y quien era, en ese entonces, director encargado del Instituto de la Construcción en Stanford University. Tiempo después, Rengifo creó el cur-

so "Plan control", dictado a los estudiantes de pregrado en ingeniería, que pasó a llamarse "Construcción 8", cuando se dictaba a los estudiantes de pregrado en arquitectura. Estas clases resultaron tan exitosas dentro de la universidad que se ofrecieron también como cursos de extensión universitaria y tuvieron bastante acogida en el sector externo. Así mismo, en las instalaciones de Camacol se dictaban conferencias en estos temas con el fin de difundir la información sobre el uso de estas herramientas.

Antes de la implementación de estos métodos y sistemas de construcción, se trabajaba únicamente con los diagramas de barras, por lo que no se veía la incidencia de los atrasos y/o adelantos en la duración de los proyectos. Por tanto, un proceso que hoy en día resulta obvio en la ingeniería colombiana no se comprendía claramente hasta que llegaron estas nuevas tecnologías y herramientas, y se contó con la experiencia arriba anotada.

Desde entonces, con el tiempo y dada la experiencia, se logró convencer a los ingenieros, arquitectos y contratistas de la época que tenían a la mano una herramienta para planear, programar y controlar mejor la ejecución de la obra, pues si se programaba eficientemente se podía controlar con mayor facilidad y, así, el control de la producción y la calidad sería mucho mejor. A partir del hito del Edificio de Avianca, las empresas colombianas empezaron a planear, programar y ejecutar con esta tecnología y con otra que fuera más novedosa respecto a la serie de producción, a



Cimentación. "Edificio Avianca" .S.F. Esguerra, Sáenz, Urdaneta, Samper y Cía. Propiedad: Rafael Esquerra Arquitectos.

la producción lineal y a toda la serie de programación macro. Estas herramientas están completamente asimiladas y mejoradas hoy en día, pero es importante notar este hito de la ingeniería, antes del cual en el país se trabajaba de una manera distinta a la que conocemos hoy en día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Informe Especial. Edificio Avianca". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVII, No. 762, Segundo trimestre de 1969, pp. 43-48.
- [2] "Edificio de Avianca". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXX, No. 744, Noviembre – Diciembre de 1963, pp. 7-9.
- [3] **Villaveces Atuesta, Álvaro.**
"El Método de la Secuencia Crítica". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXV, No. 754, Enero, Febrero y Marzo de 1967, pp. 58- 61.
- [4] Entrevista con José Ignacio Rengifo. Noviembre de 2009.
Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [5] Entrevista con Álvaro Silva Fajardo. Noviembre de 2009.
Archivo *Revista de Ingeniería*.
- [6] "Actividades de las Facultades de Ingeniería". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXV, No. 755, Abril, Mayo y Junio de 1966, pp. 131.

- [7] "Actividades de las Facultades de Ingeniería. Universidad de los Andes. Curso sobre sistemas manuales de planeamiento y control de la construcción". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVI, No. 756, Primero y segundo trimestres de 2006, pp. 51-54.

[8] **A. Páez Restrepo.**

"La cimentación del Edificio Avianca". *Anales de Ingeniería*. Vol. LXXVI, No. 897 y 898, Enero, Febrero y Marzo de 1967, pp. 95 y 96.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara Colombiana de la Construcción. *Cincuenta años en la construcción de Colombia: Camacol 1957-2007*. Bogotá: CAMACOL, 2007.