

**ESTUDIO DE CASO DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA SEDE BOSA EL  
PORVENIR DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.  
SITUACIONES ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y TÉCNICAS**

**CASE STUDY OF THE CONSTRUCTION PROJECT OF THE BOSA EL  
PORVENIR HEADQUARTERS OF THE FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DISTRICT  
UNIVERSITY. ECONOMIC, ADMINISTRATIVE AND TECHNICAL SITUATIONS**

César Augusto García Ubaque<sup>1</sup>  
Víctor Manuel Salamanca Moreno<sup>2</sup>  
Gerson Augusto Gómez Gil<sup>3</sup>

**Resumen**

El objetivo de esta investigación fue identificar los diferentes procesos constructivos que fueron tenidos en cuenta para la ejecución del Proyecto Bosa el Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En este sentido, se llevó a cabo una revisión documental y se realizó un trabajo de campo, el cual se focalizó en visitas a los diferentes archivos documentales internos y externos, mediante visitas a la sede de Bosa para observar las zonas de situaciones atípicas y a través de entrevistas a los profesionales que se encontraron inmersos en la ejecución del proyecto, donde se eligió la sede Bosa El Porvenir por ser el proyecto más grande desarrollado por la Universidad hasta el momento, tanto en área construida como en la inversión realizada. Como resultado se obtuvo un diagnóstico donde se identificaron diversas fallas estructurales del Proyecto, como el error constructivo de la viga del eje 6 producido por la incongruencia presentada en los planos estructurales, y se implementó una solución constructiva compuesta por elementos estructurales como “Construcción de cuatro muros de concreto de 15 cm de espesor “y “Refuerzo con fibras tipo SikaCarbodur”. En conclusión, ejecución de la obra, el equipo interdisciplinario del constructor e interventor demoraron en la toma de decisiones y en la ejecución de acciones oportunas, una vez presentadas las deficiencias en los elementos estructurales.

**Palabras clave:** Proyecto, formula de reajuste, nivel freático, deflexión, viga.

**Abstract**

The objective of this research was to identify the different construction processes that were taken into account for the execution of the Bosa el Porvenir Project of the Francisco José de Caldas District University. In this sense, a documentary review was carried out and field work was carried out, which focused on visits to the different internal and external documentary archives, through

Recepción: Septiembre de 2020 / Evaluación: Diciembre de 2020 / Aprobado: Enero de 2021

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia; Especialización en Manejo Integrado de Medio Ambiente; Magister en Ingeniería Civil y Doctor en Ingeniería, Profesor Titular Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6959-6610>.

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial; Especialización en Gerencia de Recursos Naturales y aspirante a Magister en Ingeniería Civil, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4098-2152>

<sup>3</sup> Ingeniero Civil; Especialización en Alta Gerencia y aspirante a Magister en Ingeniería Civil, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4786-4207>

visits to the Bosa headquarters to observe the areas of atypical situations and through of interviews with the professionals who were immersed in the execution of the project, where the Bosa El Porvenir headquarters was chosen because it is the largest project developed by the University to date, both in built area and in the investment made. As a result, a diagnosis was obtained where various structural failures of the Project were identified, such as the constructive error of the beam of axis 6 produced by the inconsistency presented in the structural plans, and a constructive solution composed of structural elements was implemented such as "Construction of four 15 cm thick concrete walls "and" Reinforcement with SikaCarbodur type fibers ". In conclusion, execution of the work, the interdisciplinary team of the builder and controller delayed in making decisions and in the execution of appropriate actions, once the deficiencies in the structural elements had been presented.

**Keywords:** Project, readjustment formula, phreatic level, deflection, beam.

### **Introducción**

Dentro del ámbito de la administración, ejecución y desarrollo de las actividades de infraestructura, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ha implementado el Plan Maestro de Desarrollo Físico 2008-2016 (Consejo Superior Universidad Distrital, 2019). Este plan define el proyecto Sede Ciudadela Educativa El Porvenir como una nueva sede que se integra con los demás equipamientos educativos de la ciudad y con el Parque Metropolitano Gibraltar, creando una ciudadela educativa que beneficiaría a 17.500 personas al año (Secretaría de educación de Bogotá, 2020).

Por tal motivo, la Universidad Distrital adelantó el proceso administrativo, financiero, técnico y jurídico para la contratación de los terceros que ejecutaron el proyecto. Para cumplir recurre a diferentes instancias administrativas y jurídicas, con el fin de proporcionar la mejor alternativa legal para la implementación de pliegos de condiciones, estudios y construcción de la infraestructura física que se denominará la Ciudadela Universitaria de Bosa El Porvenir.

En el Plan de Desarrollo Bogotá Positiva de 2008 aparece el megaproyecto Ciudadela Educativa El Porvenir, el cual consta de dos megacolegios, un jardín y una universidad. En el proyecto participan la Secretaría de Educación Distrital SED, la Secretaría de Integración Social SIS, Metrovivienda, el Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDR y la Universidad Distrital (Oficina Asesora de Planeación, 2013).

Mediante la Resolución 015 del 30 de junio de 2.009 del Consejo Superior Universitario definió el Plan Maestro de Desarrollo de la Planta Física de la Universidad Distrital 2.008-2.016 como un instrumento de planificación que contiene los objetivos, políticas, metas y estrategias necesarios para la definición, desarrollo, ejecución e implementación de los planes y proyectos que posibiliten la consolidación y expansión de la infraestructura física y de la dimensión educativa de la Universidad Distrital F.J.C. en la ciudad-región para la vigencia 2.008-2.016 (Universidad Distrital, 2003).

El Proyecto se desarrolla en dos etapas: la primera etapa es de 21.000 m<sup>2</sup> y albergará 5.600 estudiantes; la segunda fase tiene planeada una cobertura de 25.000 m<sup>2</sup> y albergará 6.500 estudiantes. En la segunda etapa se tiene prevista la creación de la Facultad de Ciencias de la Salud (Oficina Asesora de Planeación, 2018), la cual se encuentra en proceso de análisis previo. (Figura 1)



Fig. 1 Etapas del Proyecto Ciudadela Educativa Bosa

### Metodología

El componente de infraestructura ha tenido demasiado peso en el desarrollo de la Universidad pues, prácticamente cada dos años se ha estado llevando a cabo un proyecto de gran envergadura; esto constituye un indicador bastante claro del crecimiento de la Universidad.

Ahora bien, el problema que se encuentra al respecto es que no existe una memoria consolidada del planteamiento, desarrollo y ejecución de todos estos proyectos constructivos; tampoco se cuenta con referentes documentales completos. Para el desarrollo de nuevos proyectos se tiene que recurrir a los profesionales que de una u otra manera han participado de la ejecución de estas obras quienes, en reiteradas oportunidades, han estado vinculados por la modalidad de prestación de servicios, lo cual supone el agravante de que, al terminar su contrato y retirarse de la universidad, se llevan un conocimiento valioso sobre el proceso de materialización de cada uno de los proyectos.

Por tal razón, en el presente artículo se plantea realizar el compendio de todo el proceso de realización del proyecto, iniciando con la fase de concepción del mismo y continuando con lo relativo a la planeación, el diseño, el proceso constructivo y a la puesta en marcha de la sede Bosa El Porvenir.

Es pertinente resaltar que, para llevar a cabo el presente estudio se tuvo que recurrir a fuentes documentales dispersas con el fin de lograr una secuenciación temporal de las actividades que se desarrollaron en la ejecución del proyecto. También se tenía claro que era fundamental analizar la documentación recopilada con el fin de establecer las situaciones atípicas que se presentaron; sin embargo, la documentación existente resultó insuficiente; por tal motivo, se hizo necesaria la realización de trabajo de campo, el cual se focalizó en visitas a los diferentes archivos documentales internos y externos, mediante visitas a la sede de Bosa para observar las zonas de situaciones atípicas y a través de entrevistas a los profesionales que se encontraron inmersos en la ejecución del proyecto, algunos de ellos aún vinculados a la Universidad y otros no.

Se eligió la sede Bosa El Porvenir por ser el proyecto más grande desarrollado por la Universidad hasta el momento, tanto en área construida como en la inversión realizada; ésta fue de aproximadamente noventa mil millones de pesos (\$90.000.000.000).

### **Resultados y discusión**

#### ***Factibilidad económica del proyecto Ciudadela Bosa Porvenir.***

Uno de los retos a los que se vio expuesto el proyecto inició en la etapa de prefactibilidad, en la cual se observa la limitante presupuestal para la materialización del mismo. Por este motivo, tomando como base los estudios y los diseños contratados por la Universidad con la firma Gustavo Perry Arquitectos Asociados LTDA (Perry, 2011), se suscribió un convenio interadministrativo con la Empresa Inmobiliaria Cundinamarquesa cuyo objeto fue “aunar esfuerzos jurídicos, administrativos, técnicos, financieros y económicos tendientes a la realización del proyecto de construcción y puesta en funcionamiento de la primera etapa de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sede Bosa - El Porvenir”. Esto se hizo con el fin de llevar a cabo el desarrollo de la etapa contractual y definir un parámetro financiero sobre el costo total del proyecto.

Al respecto, se puede indicar que el proyecto inicialmente contó con una etapa de análisis presupuestal, a partir del cual la estructuradora Empresa Inmobiliaria Cundinamarquesa consideró que el valor de la obra a ejecutar no era consecuente con el presupuesto asignado inicialmente, el cual era por el valor de setenta mil millones de pesos (\$ 70.000.000.000). Así pues, una vez realizado el análisis por parte de esta entidad, se concluyó que el costo total del proyecto ascendía a la suma de ochenta y un mil ciento treinta y un millones de pesos (\$ 81.131.000.000). Por tal razón, la Universidad decidió dar por terminado este convenio y ser ella misma quien adelantara el proceso de contratación.

La estructuración del proceso contractual llevado a cabo por la Universidad da como resultado un contrato de obra de una forma poco común, definido como un *contrato de obra con formula de reajuste*. Según está soportado en los Pliegos de Condiciones del proceso contractual No. 019 de 2013, se establece lo siguiente:

La Universidad ha determinado que el valor estimado del Contrato es la suma de SETENTA MIL MILLONES DE PESOS (\$70.000.000.000), para lo cual, cuenta con la respectiva disponibilidad presupuestal, dicho valor corresponde al presupuesto entregado por la consultoría que realizó los diseños más el ajuste por el cambio de modalidad de Contratación, dado que el presupuesto entregado por el Consultor correspondía a una obra por administración delegada y a la actualización de precios a la fecha.

Lo anterior implica que, de una u otra manera, no se presentó una certidumbre financiera y, por el contrario, se generó una inseguridad presupuestal para la institución, dado que no era posible establecer el valor final del proyecto.

Solventada la etapa contractual, la Universidad realiza la adjudicación y contratación de los procesos de obra e interventoría para la ejecución del proyecto, mediante los contratos de obra No. 1063 de 2013 con Consorcio ZGC El Porvenir 013, por valor de sesenta y nueve mil cuatrocientos dos millones setecientos noventa y cinco mil cuatrocientos setenta y cuatro pesos (\$69.402.795.474), y el contrato de consultoría No. 1071 de 2013 con el Consorcio Unidistrital por valor de tres mil cuatrocientos noventa y ocho millones ciento cuarenta y ocho mil doscientos pesos (\$ 3.498.148.200); este Consorcio ejerce funciones de interventoría. Así pues, el contrato de obra se realiza mediante una formulación matemática del reajuste de los precios inicialmente pactados de la siguiente manera:

**FORMULA DE REAJUSTE CONTRACTUAL**

$$PR = (ICC/ICCo) - 1) * 100$$

Donde:

PR: Porcentaje de reajuste del acta respectiva

ICC= Índice de costos de construcción de Camacol del mes en el cual se aprobó el acta

ICCo= Índice de costos de construcción de Camacol del mes en que se firmó el contrato

A continuación, se presenta el resumen del costo final del proyecto, si bien debe tenerse en cuenta que el valor total presentado puede sufrir variaciones dado que el último pago de fórmula de reajuste se encuentra en litigio jurídico

**Tabla 1. Valor Final Del Proyecto.**

ÍTEM	VALOR	CONCEPTO
Contrato de consultoría (diseños)	\$ 1.200.755.057	Valor final más adiciones
Contrato obra 1063 de 2013	\$ 69.402.795.474	Valor inicial del contrato
Adición 1 al contrato de obra	\$ 16.175.854.971	Actualización seguridad y control
Adición 2	\$ 1.219.350.325	Pago fórmula de reajuste
Adición 3	\$ 1.608.026.788	Pago fórmula de reajuste
Pendiente	\$ 1.800.032.045	Pago formula de reajuste ítems no contractuales
Contrato consultoría 1071 de 2013 (interventor)	\$ 3.498.148.200	Valor inicial del contrato
Adición al contrato de consultoría (interventor)	\$ 1.672.520.190	Por mayor tiempo en obra
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 96.577.483.050</b>	

El objeto de realizar la adición 1 en el contrato de obra fue la actualización y ejecución del componente de seguridad y control. Este hecho fue requerido durante el proceso de construcción cuando se evaluó este componente y se estableció un nivel de obsolescencia, con lo cual se incorporaron nuevos ítems en el proyecto para lograr la innovación tecnológica requerida por la Universidad. Así pues, al incorporar estos ítems nuevos se actualizaron los precios para poder realizar la adición, la cual se llevó a cabo en la vigencia 2016. Por tal motivo, se debió modificar la fórmula de reajuste actualizando el ICCo a la fecha de la adición y no continuar el cálculo con la fecha de firma del contrato; sin embargo, si se hubiera realizado esta modificación oportunamente, la Universidad se habría ahorrado todo un desgaste jurídico y administrativo que a la fecha no se ha podido solucionar.

Actualmente, el pago final de la fórmula de reajuste se encuentra en la etapa de conciliación prejudicial en la Procuraduría General de la Nación; de no llegarse a un acuerdo lo más probable es que termine con una demanda ante el Contencioso Administrativo, quien en última instancia determinara los valores a pagar si existe lugar a ello.

Como lo indica Vélez (2010), la Universidad se vio inmersa en riesgos dentro de los cuales, según el análisis hecho para el presente artículo, sobresalen los siguientes:

En lo concerniente al riesgo de construcción puede decirse que, cualquier variación en el contrato por mayores cantidades de obra a ejecutar por el contratista y que generen costos adicionales a los inicialmente previstos, deben ser asumidos por la entidad.

En cuanto al riesgo comercial, en un contrato de obra a precios unitarios con fórmula de reajuste, el riesgo comercial es compartido. Si el precio unitario contempla fórmula de reajuste, el

riesgo comercial lo asume la entidad contratante, debido a que cualquier variación del precio implicará el reconocimiento del mayor valor luego de aplicar la fórmula matemática pactada.

***Deflexiones en viga del bloque 3 - Biblioteca: diagnóstico, trazabilidad y solución constructiva.***

Dentro del proceso constructivo y el seguimiento en la supervisión de obra se registraron diferencias en algunos elementos estructurales en cuanto a deflexiones de vigas, principalmente entre los ejes 6 y 8 del edificio de Biblioteca. En la inspección técnica se detectaron deformaciones, fisuras y grietas en las placas de entrepiso y las vigas principales, específicamente en los pisos tercero y cuarto junto a la viga en voladizo de 6 metros de longitud. En el recorrido de la obra se puede analizar y verificar que en los elementos estructurales las fisuras son muy notorias y las deflexiones oscilan entre 6 y 17 cm. Adicionalmente, en los demás sectores de la edificación se perciben fisuras y grietas en las vigas de carga con inclinaciones de 45 grados reflejando fallas de corte, y de 90 grados reflejando fallas por flexión; también se detectaron desniveles en placas, fisuras y grietas en la mayor parte de la superficie, tal como se observa en la Figura 2.

Por tal motivo, se inicia un proceso de verificación y revisión del cálculo estructural, los procesos constructivos y la planimetría, con el fin de identificar las posibles causas de la falla estructural y comenzar a definir los pasos de intervención en los elementos estructurales y en la edificación.



**Fig. 2** Fisuras y deflexión.

***Diagnóstico de Falla.***

El error constructivo de la viga del eje 6 se produjo por la incongruencia presentada en los planos estructurales, pues la planta y el despiece no tenían relación en cuanto a los cambios de sección de los elementos, y en obra se procedió equivocadamente construyendo como se indica en el despiece presentado en el plano 9-17 del edificio del auditorio y de la biblioteca, en donde se ve reflejado un cambio de sección a partir del eje S' con una altura de 30 cm. Haciendo el análisis a nivel de planos estructurales se encontró una incongruencia generada en los planos del piso 3 Niv.+9,10 m, el piso 4 Niv.+12,90 m y la cubierta Niv.+17,60 m, con respecto a lo siguiente:

- Que la viga sobre el eje 6 no fuera pos tensada como en los ejes 2-3-4-

- Que en el piso 4 Niv. +12,90 el último tramo de 2,80 m de la viga sobre el eje 6 tuviera un cambio de sección de 50 x 100 cm a 50 x 30 cm, con el agravante de que, en obra, el cambio de sección se generó en una longitud de 5,34 m y no en los 2,80 m como marcaba el plano.

Además de lo anterior, se encontró que en el libro de obra se plasmaron algunos de los inconvenientes constructivos que influyeron en la estabilidad de la estructura y acabado de los elementos estructurales originando las fallas en vigas y columnas de los ejes relacionados con los pisos 3 a cubierta. La deflexión de casi 20 cm, la cual fue medida en obra, debió ser progresiva desde el momento de quitar la formaleta cuando de manera inmediata la losa se tuvo que haber bajado. Este habría sido el momento idóneo para haber generado la alerta y haber comunicado de manera inmediata a las instancias correspondientes, con el fin de evitar llegar al estado de deterioro que se evidenció casi seis meses después.

Al respecto, ante el comportamiento anormal de la estructura, el constructor no fue responsable en su proceder al continuar con las actividades constructivas tales como la aplicación del "relleno-corrección de nivelación" y, además, continuando con la construcción de la losa de cubierta Niv. + 16,70 m, generando así que la deflexión empeorara ante el peso propio de la estructura. Pese a lo anterior, luego de haber encontrado y reconocido la incongruencia en los planos indicados, la Consultoría planteó a la Universidad, la disposición de asumir la responsabilidad en el desarrollo de los diseños y realizar las respectivas obras de rehabilitación de la zona afectada, ejecutándolas dentro del tiempo establecido según la programación.

Se aclaró que dentro de la vigencia de la Licencia de Construcción LC-11-5- 1016 en la modalidad de Obra Nueva, se permite este "Reforzamiento Estructural" como una corrección a un evento puntual encontrado durante el desarrollo de la obra. Para ello se plantearon las siguientes fases de intervención:

#### ***Fase inicial: actividades preventivas.***

*Apuntalamiento y andamios:* Se apuntaló la zona del primer piso hasta el tercer piso en el área a intervenir entre los ejes 6 a 8, con un área aferente estimada en un módulo de andamio a lado y lado de los ejes 6 hacia el eje 5 y del eje 8 hacia el eje 9. Este apuntalamiento se realizó con "andamios de carga" que llegan a la altura requerida de 8,10 m (por debajo de la losa del piso 3). Se apuntaló la zona del tercer al cuarto piso a 3,30 m de altura con un equipo tradicional de cerchas y paraleles. Esto permitió que las losas del tercer y cuarto piso quedaran debidamente apoyadas en los andamios previstos para cada área, generando así la seguridad requerida de manera preventiva como actividad preliminar a la rehabilitación estructural diseñada.

#### ***Fase dos: ejecución de obras de rehabilitación.***

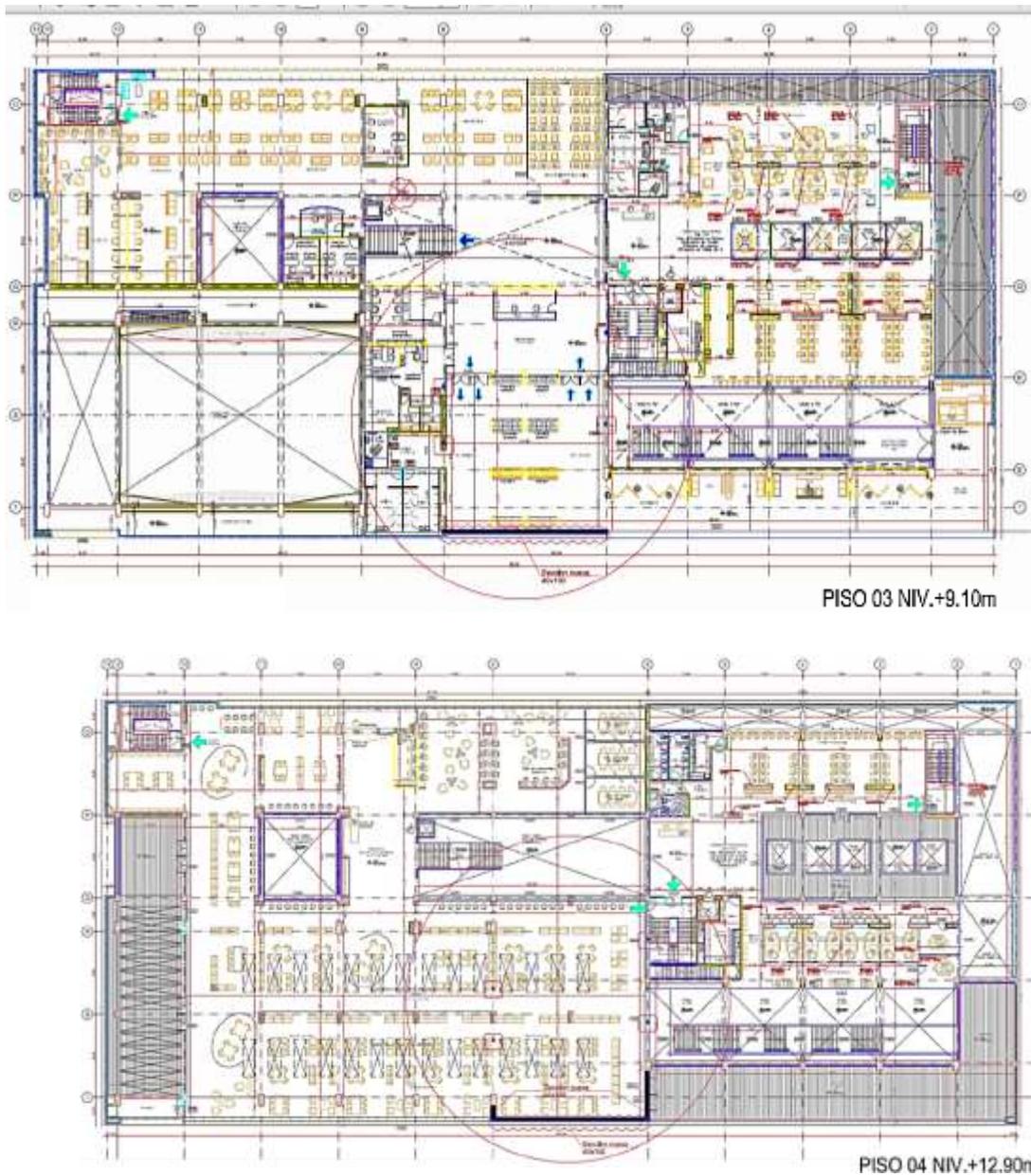
Ahora bien, para el desarrollo de los trabajos de recuperación se realizó una inspección técnica por parte de la consultoría del Diseño Estructural de la sociedad Estructo S.A.S. El Plan de Trabajo realizado estuvo respaldado por los planos de diseño estructural y arquitectónico y por las memorias de cálculo correspondiente al planteamiento de:

*Piso 3 Niv. + 9,10*

- Nivelación viga de borde B3-328, sobre el voladizo entre los ejes 6 a
- Columetas intermedias sobre el voladizo entre los ejes 6 y 8.
- Columetas intermedias sobre los ejes 6 y 8 entre los ejes R' y T.

*Piso 4 Niv. +12,90 m*

- Demolición en viga de borde B4-426 y faldón de fachada en el tramo entre los ejes 6 a 8 y sus afectaciones.
- Columnetas intermedias sobre el voladizo entre los ejes 6 y 8
- Columnetas intermedias sobre los ejes 6 y 8 entre los ejes R' y T.
- Demolición de losa piso 4 en área confirmada en planos estructurales.



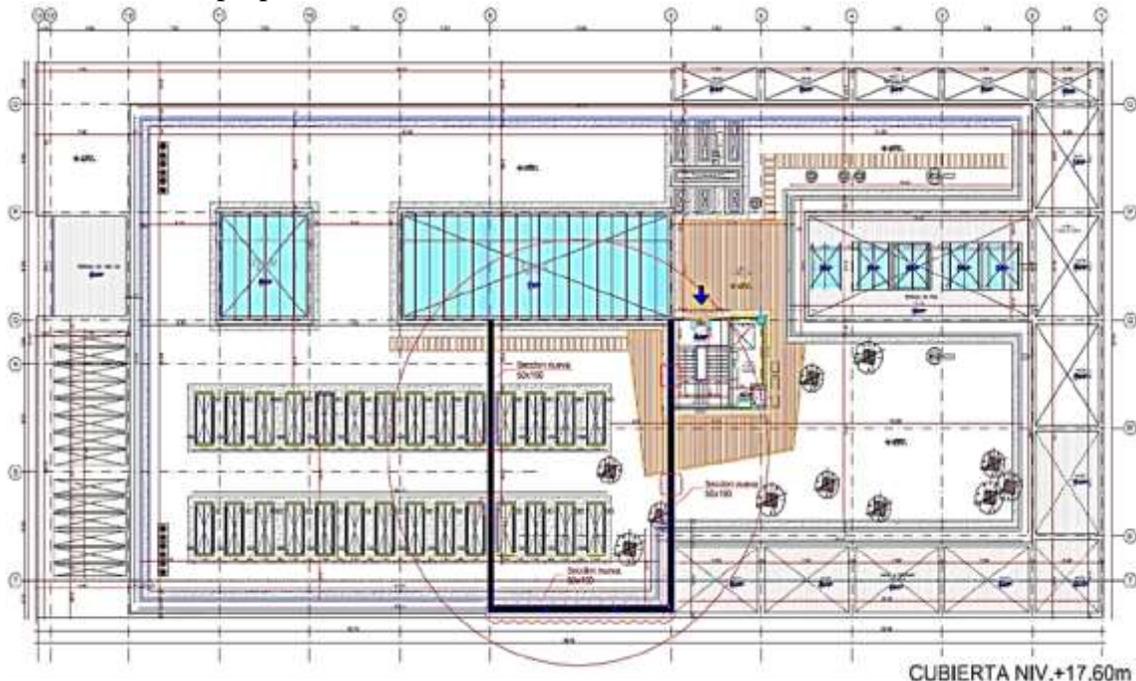
**Fig. 4** Piso 04 Niv. + 12,90 m, Fuente: (Perry, 2011)

*Cubierta Niv. +17,60 m*

- Recalce en vigas de cubierta B3-519, B3-532, B3-535 en la longitud establecida en los planos de diseño estructural de rehabilitación
- Columnetas intermedias sobre el voladizo entre los ejes 6 y 8
- Columnetas intermedias sobre los ejes 6 y 8 entre los ejes R' y T.
- Demolición de losa piso 4 en área confirmada en planos estructurales.

Las consideraciones y recomendaciones dadas por parte de la consultoría, se fueron efectuando mientras se llevaba a cabo el proceso legal y jurídico para la iniciación de las obras de rehabilitación por parte de la firma consultora; estas consistieron en el apuntalamiento de la zona, quitar la "sobre carga" generada con el mortero de nivelación que la obra fue colocando y realizar la demolición del faldón que hace parte de la fachada en esta zona.

Por otra parte, se vislumbraron otras deficiencias estructurales en algunas columnas; dichas deficiencias solo ocurren en las combinaciones de carga que incluyen el evento sísmico de diseño. En consecuencia, si bien la estructura estaría en capacidad de resistir las cargas a la que estaba sometida, se realizó una propuesta de reforzamiento.



**Fig. 5** Planta placa de cubierta N+16,7 bloque 3, Fuente: (Perry, 2011)

### ***Solución constructiva***

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, al constatar estas fallas en la estructura, solicitó a la firma consultora realizar un análisis pormenorizado del bloque 3, donde se evidenció que bajo las intervenciones propuestas se corrigieron los problemas presentados en el diseño estructural y se garantizó la estabilidad de la estructura, tanto en el proceso constructivo como con las cargas de ocupación, acorde a los usos definidos. La firma consultora determinó que existían diferencias en otros elementos que no habían sido intervenidos, los cuales no presentaban

deficiencias ante las cargas verticales, pero si ante la ocurrencia de sismo de diseño; por tal motivo se decidió realizar la intervención a la edificación de la siguiente manera:

**Tabla 2.** Proceso de intervención de la deflexión.

ELEMENTO ESTRUCTURAL PROPUESTO	UBICACIÓN
Construcción de cuatro muros de concreto de 15 cm de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre el eje 6 entre los ejes P y O desde el nivel -2,30 hasta la cubierta.</li> <li>- Sobre el eje 8 entre ejes Q y R desde el nivel -2,30 hasta el cuarto piso y entre los ejes R y 3,6 m antes del eje S, desde el nivel -2,30 hasta la cubierta.</li> <li>- Sobre el eje O entre ejes 5 y 6 desde el nivel +1,50 hasta la cubierta.</li> <li>- Sobre el eje R´ entre ejes 5 y 6 desde el nivel -2,30 hasta la cubierta.</li> </ul>
Construcción de dos muros de concreto de 50 cm de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre el eje 6 entre ejes O y borde de placa</li> <li>- Sobre el eje 5 entre ejes O y borde de placa.</li> </ul>
Recalce de las siguientes columnas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Columna O-8 en el tramo del cuarto piso a la cubierta.</li> <li>- Columna T-7 en el tramo entre el nivel -2.30 y el nivel +1.50.</li> <li>- Columna R´-6 en el tramo entre los niveles +12.90 hasta +16.70</li> </ul>
Refuerzo con fibras tipo SikaCarbodur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigas 131 y 133: refuerzo entre ejes T y Q.</li> <li>- Vigas 431, 435 y 436: refuerzo entre ejes T y Q.</li> <li>- Vigas 419 y 423: refuerzo entre ejes 6 a 8.</li> </ul>
Refuerzo superior convencional (barras de acero incluidas en la losa de concreto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigas 302 y 403 en el eje 6</li> </ul>

Una vez determinadas las causas de las fallas registradas en el bloque 3, en lo referente a la parte legal y jurídica se suscribe Contrato de Transacción No. 1049 de 2015 y OTROSI 1 y 2, entre la Universidad y la empresa Consultora. Por tal motivo, teniendo en cuenta el compromiso adquirido como parte integral de su intervención, la consultoría entrega los documentos de propuesta de rehabilitación, los diseños estructurales de la zona afectada, las memorias de cálculo, la programación de obra y presupuesto y el contrato suscrito entre las firmas de consultoría Gustavo Perry Arquitectos S.A.S. y Estructo S.A.S. Así pues, la firma consultora subsanó las deficiencias estructurales en el bloque 3 de biblioteca, destinando e invirtiendo recursos financieros por un valor total de mil doscientos ochenta y ocho millones ochenta y unos mil ochocientos pesos M/CTE (\$1.288.081.800).

A continuación, se presenta un registro fotográfico del reforzamiento y rehabilitación estructural realizada por parte de la firma consultora, con el fin de garantizar la estabilidad de la estructura.



**Fig. 6** Reforzamiento y rehabilitación estructural. (a) Construcción de muro de concreto de 15 cm de espesor. (b) Recalce de las columnas. (c) Refuerzo con fibras tipo SikaCarbodur en Sótanos. (d) y (e) Refuerzo superior convencional (barras de acero incluidas en la losa de concreto).

*Nivel freático en el Bloque 1:* Otro reto que se presentó en el proceso constructivo fue el nivel freático registrado en las excavaciones dadas en el bloque 1, el cual fue indicado en el estudio de suelos con muy poco detalle: “...NIVEL DE AGUAS. Se detectó el nivel freático entre los 4.00 y 5.00 m de profundidad coincidiendo con el nivel de pre consolidación del suelo. Sin embargo, estos niveles podrán variar de acuerdo con el régimen de lluvias” (Espinosa y Restrepo S.A., 2011).

También se puede observar que las recomendaciones para drenajes fueron muy básicas si tenemos en cuenta el tratamiento final de las aguas:

*Drenaje:* Para las zonas proyectadas con sótano, por debajo de la placa de contrapiso se deberá proyectar una red de drenajes en espina de pescado, compuesta por tubería de 4" perforada, embebida en un filtro de arena lavada de peña y gravilla mezclada en proporciones 0.60:0.40. En la zona sin sótano se deberá proyectar un sistema de drenajes superficiales para conducir las aguas de escorrentía por fuera del proyecto. Así mismo se deberán proyectar andenes perimetrales de 1.00 m de ancho para evitar el acceso directo de las aguas lluvias al suelo de fundación (Espinosa y Restrepo S.A., 2011).

Ahora bien, no era difícil imaginar que el nivel freático estuviese presente, debido a la cercanía con el Río Bogotá, el cual se encuentra a menos de un kilómetro de distancia a la sede y, por muchos años, éste se ha encargado de saturar el suelo. De lo anterior se deduce que el Estudio de Suelos debió ser más riguroso en este análisis, con el fin de estructurar acciones de mitigación y soluciones constructivas para el abatimiento del nivel freático y evitar posibles complicaciones tanto en los procesos de construcción como en la programación de la obra.

En el desarrollo de las excavaciones, la obra se vio afectada constantemente por la saturación del suelo de fundación, conllevando a que el constructor mitigara con actividades complementarias como la instalación de mangueras y motobombas para la extracción de agua de escorrentía, con el fin de poder llevar a cabo la cimentación de la edificación. Aunado a esto, según el asesor del estudio de suelos, se observa inestabilidad en la parte baja de los taludes donde se debe garantizar un ángulo no mayor de 35° desde la base del muro al desplante de las zapatas; por tal motivo, recomienda fundir la totalidad de muros de contención con el fin de confinar los taludes y realizar los controles necesarios para evitar socavaciones en la cimentación y posibles

asentamientos de la estructura. Para efectuar los controles se determinó la realización de “cruceas” para medir el asentamiento diario que tenía el terreno respecto al impacto del nivel freático.

Dentro de la revisión documental no fue posible establecer los parámetros de diseño ni el manejo hidráulico del exceso de agua contenido en el suelo de fundación. Esta situación solo se pudo establecer por medio de los registros fotográficos y algunos apuntes en el libro de obra, los cuales se han detallado con el fin de poder realizar algunas reflexiones sobre la situación actual de la Sede Bosa El Porvenir.

Así pues, con fundamento en el proceso constructivo se puede evidenciar la afectación constante del bloque 1 por aguas de escorrentías; para mitigar esta situación se creó un cuarto de motobombas las cuales deben permanecer en operación durante las 24 horas el día todos los días.



**Fig. 7** Afectación del nivel freático en la obra. (a) Excavación y presencia del nivel freático en la zona del bloque 1. (b) Detalle de excavación y presencia del nivel freático en la zona del bloque 1, (Oficina Asesora de Planeación, 2018)



**Fig. 8** Reducción del nivel freático pro mangueras y filtros. (a) Implementación de mangueras para abatimiento del nivel freático en la zona del bloque 1. (b) Implementación de filtros para abatimiento del nivel freático en la zona del bloque 1, (Oficina Asesora de Planeación, 2018)

Se han presentado situaciones en las que estas motobombas han dejado de funcionar, ocasionando inundaciones en el coliseo. Este hecho constituye una evidencia clara de la afectación constante de la saturación de los suelos sobre los cuales se levantó esta edificación, obligando a una vigilancia constante y al mantenimiento continuo de las motobombas, pues sí estas dejarán de operar se continuarían presentando inundaciones. Con base en lo anterior se puede observar que no se le dio la debida atención al manejo de aguas dentro del estudio. También se pone en evidencia que cada problema se fue atendiendo en la medida que se iba presentando, con una solución final

poco práctica y económica para el funcionamiento de la Sede Bosa El Porvenir. En consecuencia, las motobombas deben operar todo el tiempo para drenar el agua que se va acumulando.

### **Metodologías de control y administrativas que debieron asumirse**

Sin lugar a dudas, la incorporación de metodologías nacidas en otras disciplinas y su incorporación en la administración y control de proyectos de obra civil han contribuido a la eficiencia y eficacia, reduciendo los costos y tiempos de ejecución.

Por tal motivo, toma relevancia la adopción de las nuevas metodologías que se ha venido incorporando a nivel mundial y con un avance lento a nivel nacional, La implementación de estas investigaciones ha permitido la creación de nuevos enfoques que han llevado a obtener mejoras en la gestión de proyectos de construcción de edificaciones (García, Echeverry, & Mesa, 2017)

Ahora bien, antes de mencionar las metodologías modernas, resulta pertinente establecer las falencias de índole administrativo que se evidenciaron durante la ejecución del proyecto constructivo:

El control de cambios es un escenario obligado, pues es prácticamente imposible encontrar un proyecto constructivo que finalice de acuerdo a lo inicialmente proyectado. Siempre se encontrará alguna modificación que altere el proyecto; es en este punto donde se debe establecer un mecanismo de control y administración que permita minimizar el impacto financiero, económico y técnico que se pueda generar sobre el proyecto.

La administración del riesgo es un aspecto que genera incertidumbre durante la ejecución de un proyecto, y este debe ser ponderado adecuadamente. Con este fin existen metodologías claramente establecidas en normas como lo es la ISO 31000, la cual busca proporcionar un enfoque común para gestionar cualquier tipo de riesgo y no es específico de una industria o un sector (ISO, 2017); las técnicas de evaluación de riesgo se encuentran establecidas en la norma ISO 31010. Tomar a la ligera la evaluación de este componente puede generar impactos negativos en la ejecución del proyecto constructivo.

El control de costos y la programación de obra son factores que se encuentran estrechamente ligados, en virtud de que, a mayor duración de la obra por fuera de lo programado, mayores costos de ejecución representado en mano de obra directa e indirecta; lo mismo ocurrirá respecto a la variación de precios de materiales e insumos requeridos para la ejecución del proyecto constructivo.

Se pueden indicar algunas metodologías que se deben ir incorporando dentro de la ejecución de proyectos constructivos como lo es la metodología LEAN que ha ayudado a reducir tanto costos como desperdicios y también ha contribuido a mejorar la forma en que se utilizan los recursos, la calidad y el tiempo (Fernández, 2014). Todas las filosofías basadas en LEAN son descendientes directas del método Toyota de fabricación y su Justo a Tiempo (JIT). Lauri Koskela es el pionero del LEAN MANUFACTURING (Koskela, 1992), el cual se enfoca en la producción sin pérdidas, e incluye no solo las relativas a pérdidas de materiales, sino también las concernientes a las pérdidas de tiempo debidas a la mala programación y alistamiento de materiales y herramientas.

Dentro del campo informático encontramos el BIM (Building Information Modeling), el cual puede considerarse inicialmente como un software que permite realizar una simulación tridimensional de una edificación (Halpin, 2011), pero, en realidad va más allá, y debe ser asumido como la recopilación de información en bases de datos que deben interactuar con el fin de lograr una concepción definitiva del proyecto, con lo cual se evita los cambios durante la ejecución del proyecto y se puede contemplar de forma clara los riesgos constructivos a que se puede ver

expuesto y la manera de mitigarlos, es por esto que actualmente en España y el Reino Unido buscan establecer la obligatoriedad de incorporar esa metodología en la obra civil.

### **Discusión**

Es indudable que las entidades públicas deben salvaguardar los recursos que les son asignados; más aún, si son recursos para educación. Por tal razón, al realizar un análisis detallado del proceso constructivo de la sede Bosa El Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el cual es el proyecto de mayor envergadura ejecutado por esta institución hasta el momento, se puede observar que efectivamente existieron fallas en la planeación inicial y en el seguimiento realizado por parte de la Interventoría. En este punto, resulta pertinente hacer una reflexión para poder establecer hasta qué punto se hubieran podido minimizar estas situaciones atípicas, si se hubieran implementado técnicas modernas de seguimiento y control como las que se han mencionado en el desarrollo de este artículo.

Este tipo de técnicas modernas que se han venido implementando en procesos constructivos en otros países, han demostrado que se pueden optimizar los recursos económicos, materiales y humanos, reduciendo los tiempos de ejecución de obra y minimizando la ocurrencia de posibles fallas.

Ahora bien, en nuestro país se han venido implementando estas técnicas de una forma lenta en el sector privado, pero en el sector público es evidente que dentro de los parámetros iniciales de la concepción de los proyectos no se están solicitando por parte de las entidades públicas. Es importante que el sector público comience a adoptar las metodologías de seguimiento y control modernas en materia obra civil, con el fin de salvaguardar de una forma efectiva y eficaz los recursos públicos invertidos en este tipo de obras, las cuales tienen un gran impacto para el país y para las comunidades que se benefician con ellas y confían en la adecuada inversión de los recursos.

### **Conclusiones**

En la ejecución de la obra, el equipo interdisciplinario del constructor e interventor demoraron en la toma de decisiones y en la ejecución de acciones oportunas, una vez presentadas las deficiencias en los elementos estructurales. Esto se puede evidenciar en la situación presentada en la deformación de la viga del bloque 3, pues hasta que no se hizo evidente el problema no se tomaron medidas correctivas; este hecho conllevó a una intervención jurídica, técnica y financiera con el fin de evitar el colapso general del proyecto.

Se puede establecer que falta planeación por parte de la Universidad en la materialización de proyectos de esta dimensión, lo cual se evidencia al cotejar la fecha de elaboración de los estudios técnicos con el inicio de la obra. Esto conllevó a una desactualización de los diseños, principalmente los referentes a seguridad y control pues, al momento de ser ejecutados, se encontraba una tecnología diferente en el mercado; por tal motivo, se generaron mayores costos en la ejecución del proyecto.

La planeación financiera del proyecto se vio comprometida desde un comienzo debido a que se contaba con una disponibilidad presupuestal inicial para la realización del contrato de obra, pero al concebirse un contrato con fórmula de reajuste era evidente que el presupuesto inicial iba a ser superado. En consecuencia, el proyecto desencadenó una incertidumbre financiera debido a que no se tenía claridad de su costo total.

A través de las experiencias registradas en el desarrollo de este proyecto, se puede establecer que el esfuerzo conjunto de diferentes entidades a nivel distrital permite concebir proyectos pensados en focalizar la Educación Superior capitalina en zonas de alta vulnerabilidad. Así pues, mediante un

proyecto de alto impacto como el de la Sede Bosa Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se da alcance al principio constitucional de garantizar el acceso a la educación pública, brindando una infraestructura de vanguardia y logrando un ambiente académico que cumple con los parámetros de alta calidad, beneficiando no sólo a la comunidad circundante sino a la ciudad en general.

Una de las principales enseñanzas que deja el estudio de caso realizado se desprende de la búsqueda de información para la elaboración de este documento pues, a través de ella, fue posible realizar la compilación de diferentes documentos y estudios que se encontraban dispersos. Este hecho no permitía tener una dimensión integral del proyecto; sin embargo, al realizar el análisis de la información obtenida fue posible identificar situaciones particulares dentro del proceso constructivo y observar con mayor detalle las actividades desarrolladas en el proyecto.

Esta compilación facilita la consolidación de una base conceptual para el análisis y solución de circunstancias imprevistas en la toma de decisiones frente a situaciones semejantes. También permite dimensionar la complejidad de desarrollar un proyecto de esta magnitud en una zona geográfica de la ciudad de Bogotá, donde las condiciones de saturación de los suelos se convierten en un inconveniente que plantea diversos desafíos a nivel constructivo.

Es posible concluir que, sin la adopción de metodologías modernas de planeación, ejecución, seguimiento y control en los procesos constructivos, se van a seguir generando problemas que se han vuelto reiterativos en este tipo de proyectos en nuestro país, no solo en el caso del estudio abordado en este artículo sino de manera general.

Es evidente que a raíz de los problemas que se han vuelto una constante en el desarrollo de las obras civiles, se está pasando por alto que se requiere la implementación de metodologías innovadoras que minimicen el impacto y la ocurrencia de estas situaciones atípicas; lo cual induce a pensar que vale la pena la incorporación de profesionales con formación y experiencia en este tipo de metodologías constructivas y de seguimiento en los proyectos que se desarrollan en el sector público.

### **Referencias bibliográficas**

- Consejo Superior Universidad Distrital. (2019). Resolución 015. Bogotá: Universidad Distrital.
- Espinosa y Restrepo S.A. (2011). Informe estudio de suelos. Bogotá.
- Evans, M., Farrell, P., Mashali, A., y Zewein, W. (2021). Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi survey. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(2), 537-556. <https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091387902&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e2b58b43b2fcf09088826913b93bc1f0&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1108%2fJEDT-04-2020-0146%29&relpos=0&citeCnt=6&searchTerm=>
- Fernández Martín, A., Gómez Frías, V., y Prida Romero, B. (2008, del 3 al 5 de septiembre). La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción [artículo] XII Congreso de Ingeniería de Organización, Burgos, España. <http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/385>
- Fernández, M. (2014). Lean manufacturing. Córdoba: Imagen.
- García, J., Echeverry, D., & Mesa, H. (2017). Gerencia de proyectos, aplicación a proyectos de construcción de edificaciones. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Halpin, D., y Senior, B. (2011). Construction Management. Wiley
- Herrera, R., Mourgues, C., Alarcón, L., y Pellicer, E. (2021). Analyzing the Association between Lean Design Management Practices and BIM Uses in the Design of Construction Projects.

- Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4). [https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/results/results.uri?sid=c59c70b4a77ae2333806e0cede0af01c&src=s&sot=b&sdt=b&origin=searchbasic&rr=&sl=133&s=TITLE-ABS-KEY\(Analyzing%20the%20Association%20between%20Lean%20Design%20Management%20Practices%20a](https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/results/results.uri?sid=c59c70b4a77ae2333806e0cede0af01c&src=s&sot=b&sdt=b&origin=searchbasic&rr=&sl=133&s=TITLE-ABS-KEY(Analyzing%20the%20Association%20between%20Lean%20Design%20Management%20Practices%20a)
- ISO. (2017). ISO 31000. ISO.
- Koskela, L. (1992). Application on the new production philosophy to construction. Stanford University. <https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Manga, R., Ormazabal, G., y Aguado, A. (2005). *Una nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos*. [tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya] Archivo digital. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=238025>
- Maraqa, M., Sacks, R., y Spataro, S. (2021). Quantitative assessment of the impacts of BIM and lean on process and operations flow in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(8), 2176-2198. <https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85107382393&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=125e2b4765f5b3be67c68f429b669cea&sot=b&sdt=b&sl=125&s=TITLE-ABS-KEY%28Quantitative+assessment+of+the+impacts+of+BIM+and+lea>
- Oficina Asesora de Planeación. (2013). Población estudiantil y déficit de espacios públicos. Bogotá: Universidad Distrital.
- Oficina Asesora de Planeación. (2018). Estado de la sede Bosa el Porvenir. Bogotá: Universidad Distrital.
- Perry, G. (2011). Memoria descriptiva. Bogotá.
- Porrás Díaz, H., Sánchez Rivera, O., y Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances: Investigación en Ingeniería 11(1)*, 32-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>
- Salazar, M. (2018). *Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos de construcción en la ciudad de Manizales* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Nacional] Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59461>
- Sarhan, S., y Pretlove, S. (2021). Lean and sustainable construction: State of the art and future directions. *Construction Economics and Building*, 21(3), 1-10. <https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116531081&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=4ff931365d338327b1c245f5604fd138&sot=b&sdt=b&sl=88&s=TITLE-ABS-KEY%28Lean+and+sustainable+construction%3a+State+of+the+art+>
- Schimanski, C., Pradhan, N., Chaltsev, D., Pasetti Monizza, G., y Matt, D. (2021). Integrating BIM with Lean Construction approach: Functional requirements and production management software. *Automation in Construction*, 132. <https://www-scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116143019&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=288a5e94355bc9c661d86c7f894286e2&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28lean+construction%29&relpos=7&citeCnt=0&searchTerm=>

- Secretaría de educación de Bogotá. (2020). <https://portalanterior.educacionbogota.edu.co/es/sitios-de-interes/nuestros-sitios/agencia-de-medios/noticias-institucionales/gobierno-de-bogota-entrega-nueva-sede-de-la-universida>.
- Serracín-Blanco, R. (2020). *Guía de procedimientos para la gestión del cronograma en los proyectos constructivos de la empresa Grupo CRN* [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. RepositorioTEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11439>
- Suárez Rodríguez, M., Velázquez Ávila, R., y Leyva, A. (2019). Apuntes teóricos sobre la práctica preprofesional para la administración de proyectos constructivos. *Revista cubana de educación superior*, 38(3). <http://www.rces.uh.cu/index.php/RCES/article/view/303>
- Universidad Distrital. (2003). Contrato de Consultoría N° 0028 de 2003. Bogotá: Universidad Distrital.
- Valverde Jiménez, R. (2003). La planificación al servicio de proyectos de obra pública. *Revistas de Ciencias Administrativas y Financieras de la Seguridad Social*, 11(2). [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-12592003000200005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-12592003000200005)
- Vélez, L. (2010). La ecuación económica y financiera de los contratos estatales dentro del marco de la Ley de Contratación Pública, Ley 80 de 1993, Ley 1150 de 2007. Medellín. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/4234>