

**ESCENARIOS DEL FLUJO DE CAJA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN,  
CON BASE EN LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA DE OBRA, MODELOS BIM  
5D Y DINÁMICA DE SISTEMAS.**

**KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA  
ANDRÉS ADOLFO ARDILA POVEDA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2016**

**ESCENARIOS DEL FLUJO DE CAJA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN,  
CON BASE EN LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA DE OBRA, MODELOS BIM  
5D Y DINÁMICA DE SISTEMAS.**

**KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA  
ANDRÉS ADOLFO ARDILA POVEDA**

**Trabajo de Grado para optar al Título de  
Ingeniero(a) Civil**

**Director:**

**OMAR GIOVANNY SÁNCHEZ RIVERA**

**Ingeniero Civil, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
1 METODOLOGÍA.....	15
1.1 Identificación de variables del programa de obra .....	15
1.2 Elaboración de los modelos BIM 5D .....	15
1.3 Elaboración de los modelos de dinámica de sistemas .....	18
1.4 Procesamiento de resultados .....	20
1.4.1 Estudio para el constructor .....	20
1.4.2 Estudio para el dueño del proyecto .....	21
2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
2.1 Variables del programa de obra .....	23
2.2 Simulación BIM 5D.....	23
2.2.1 Calculo de cantidades de material .....	24
2.2.2 Visualización para la toma de decisiones.....	24
2.3 Comportamiento del flujo de caja según programa de obra .....	30
2.4 Relación entre variables y comportamiento del flujo de caja.....	30
2.4.1 Estudio para el dueño del proyecto .....	31
2.4.2 Estudio para el constructor del proyecto.....	32
3 CONCLUSIONES .....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	41
BIBLIOGRAFIA.....	44
ANEXOS .....	45

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Variación de parametros en la simulación de los escenarios de flujo de caja. ....	23
Tabla 2. Variables del programa de obra que afectan el comportamiento del flujo de caja. ....	27
Tabla 3. Utilidad para la inversión del dinero del proyecto valores de G. ....	36
Tabla 4. Valores obtenidos para el balance promedio diario, valores de Bpd .....	38

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología de investigación. ....	20
Figura 2. Ilustración de los signos del flujo de caja durante la fase de construcción .....	24
Figura 3. Ilustración de los flujos de efectivo .....	26
Figura 4. Modelo BIM, caso de estudio.....	29
Figura 5. Simulación BIM 5D, escenarios 1, 2 y 3. ....	30
Figura 6. Modelo de dinámica de sistemas.....	31
Figura 7. Simulación BIM 5D, escenarios 1, 2 y 3 .....	32
Figura 8. Comportamiento del flujo de caja para los escenarios 1, 2 y 3.....	30
Figura 9. Cuantificación de acero de refuerzo con BIM .....	31
Figura 10. Modelo BIM 3D, caso de estudio .....	31
Figura 11. Modelo BIM 3D, caso de estudio .....	32

## LISTA DE ANEXOS

(Estos anexos se encuentran en carpeta adjunta)

Anexo A. Modelo revit, caso de estudio

Anexo B. Modelo navisworks escenario 1

Anexo C. Modelo navisworks escenario 2

Anexo D. Modelo navisworks escenario 3

Anexo E. Modelo dinamica de sistemas

Anexo F. Estimado del presupuesto de construcción

Anexo G. Programa de obra, escenario 1

Anexo H. Programa de obra, escenario 2

Anexo I. Programa de obra, escenario 3

**NOTA: LOS ANEXOS CORRESPONDIENTES A ESTE PROYECTO PUEDEN CONSULTARSE EN SALA BASE DE DATOS DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESCENARIOS DEL FLUJO DE CAJA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN, CON BASE EN LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA DE OBRA, MODELOS BIM 5D Y DINÁMICA DE SISTEMAS\*.

**AUTORES:** KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA\*\*  
ANDRÉS ADOLFO ARDILA POVEDA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Flujo de caja, Dinámica de sistemas, building information modelling, programa de obra, proceso constructivo.

**DESCRIPCIÓN:** El comportamiento del flujo de caja de un proyecto de construcción depende del orden cronológico de las actividades de obra, por lo que la modificación del programa de obra puede propiciar la disminución de situaciones de riesgo relacionadas con los flujos de efectivo. El presente trabajo se enfoca en el estudio del comportamiento del flujo de caja de un proyecto de construcción, con base en la modificación del programa de obra, modelos building information modeling 5D (BIM 5D) y dinámica de sistemas. Se utiliza como caso de estudio una edificación de dos plantas, en donde se calcula el flujo de caja para tres programas de obra diferentes a partir de simulaciones del proceso constructivo BIM 5D y de dinámica de sistemas. Se observa que evaluar distintas opciones del programa de obra en la planificación del flujo de caja, resulta viable para evitar situaciones indeseadas como valores negativos conocidos como déficits financieros y que por ende el desarrollo del proyecto entre en riesgo. Para tener una concepción más amplia del estado financiero de un proyecto de construcción es importante estudiarlo tanto del punto de vista del constructor como del dueño del proyecto o inversionista, para tal fin se propone un análisis de balance promedio diario y un análisis de valor presente neto respectivamente; se observa que para determinar el comportamiento del flujo de caja con un nivel adecuado de precisión no son suficientes los análisis anteriormente mencionados, por tal motivo se implementaron variaciones a parámetros como el anticipo y cortes de actas de obra.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de ingeniería Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: M.Sc. Omar Giovanni Sánchez Rivera

## ABTRACT

**TITLE:** SCENARIOS OF CASH FLOW OF A CONSTRUCTION PROJECT, BASED IN THE VARIATION OF PROGRAM WORK, MODELS BIM 5D AND SYSTEM DYNAMICS\*.

**AUTHOR:** KAREN MILADY CASTAÑEDA PARRA\*\*  
ANDRÉS ADOLFO ARDILA POVEDA\*\*

**KEYWORDS:** Cash flow, System dynamics, building information modelling, program of work, constructive process.

**DESCRIPTION:** The cash flow behavior of a construction project depends on the chronological order of work activities, so modifying the work program can lead to decreased risk situations related cash flows. This work focuses on the study of the behavior of the cash flow of a construction project, based on the modification of the program work, models building information modeling 5D (BIM 5D) and system dynamics. The case of the study is a building with two floors, where the cash flow calculus were based in three different programs, from simulations of the construction process BIM 5D and system dynamics. Is possible observe that evaluate different program work options, in planning cash flow, is feasible to avoid undesirable situations as negative values known as financial deficits and that therefore the project among at risk. To get a broader view of the financial status of a construction project is important to study both the point of view of the builder as the project owner or investor, for this purpose an analysis of average daily balance and an analysis of net present value is proposed respectively; it is observed that to determine the behavior of cash flow with a suitable level of precision is not enough the above analysis, as such variations in parameters such as advance and minutes of work cuts were implemented.

---

\* Bachelor thesis

\*\*Facultad de ingeniería Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: M.Sc. Omar Giovanni Sánchez Rivera

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos de construcción están compuestos por una cantidad considerable de elementos de construcción con diferentes geometrías y costos económicos [1-2-3], lo que aumenta la complejidad en las actividades de planificación de los flujos de dinero que se dan durante la fase de construcción [1].

Los flujos de dinero de un constructor son entrantes y salientes, denominados ingresos y egresos, respectivamente [4]. Los ingresos se dan por concepto de los pagos que recibe el constructor por el desarrollo de las actividades de obra [6-7] y los egresos son ocasionados por: compra de materiales, nóminas, transporte, alquiler de equipos y herramientas, servicios y asesorías, elementos de protección personal, entre otros [1-3].

El conjunto de flujos de dinero es conocido como flujo de caja [3-4], que puede ser positivo o negativo, un valor positivo indica disponibilidad de dinero y un valor negativo está asociado con el déficit financiero [1]. Los valores negativos resultan un factor de riesgo para el desarrollo exitoso de la fase de construcción de un proyecto, teniendo en cuenta que la disponibilidad de recursos financieros resulta indispensable para la adquisición de insumos y el pago de servicios [8-9].

En muchos proyectos, el flujo de caja tiene valores negativos durante gran parte del proceso constructivo, hasta el día en el que se recibe el pago final [5-8-10], situaciones en donde es posible observar las falencias en la planificación de los flujos [10]. La planificación es una actividad propicia para evitar o mitigar los déficits, se realiza en la fase de diseño de los proyectos, con la ventaja de no arriesgar la continuidad de la obra por falta de recursos financieros [1].

La administración y planificación, de los flujos de caja, resultan actividades cruciales para asegurar el éxito de las actividades de obra [8-11-12-13-14]. Planificar los flujos de dinero conlleva a la realización de una cantidad considerable de cálculos y actividades [10], lo que genera la necesidad de la implementación de una herramienta tecnológica que permita automatizar los procesos necesarios para la obtención de resultados [15].

La tecnología building information modeling (BIM) permite la modelación virtual de los elementos de construcción de un proyecto a través del uso de softwares computacionales inteligentes, BIM actúa como una base de datos digital en la que la información de construcción es almacenada, integrada, gestionada y consultada [16]. Con BIM es posible realizar simulaciones del proceso constructivo tomando en cuenta cinco variables (dimensiones en los ejes x, y, z, tiempo y costo), que se conoce como modelación y simulación BIM 5D [17-18-19].

BIM permite automatizar el análisis del flujo de caja de un proyecto de construcción [10-20], situación que hace posible fortalecer el proceso de planificación de los flujos de dinero, teniendo en cuenta que: el insumo fundamental para el cálculo del flujo de caja es la información [21-22], y la precisión de los resultados se encuentra relacionada con el nivel de detalle, además de factores como: el programa de obra, el proceso constructivo, las fechas y montos de los pagos e ingresos, las actividades ejecutadas en obra, entre otros [5].

Un flujo de caja puede ser estudiado como un sistema dinámico que tiene variación con respecto al tiempo y está compuesto por diferentes partes que poseen relación entre sí [23-24-25], es por esto que la dinámica de sistemas es una herramienta ideal para el modelamiento del comportamiento dinámico de los flujos de dinero, que con la información de entrada, producida por una simulación BIM 5D, se

convierte en una metodología automatizada y flexible al cambio, que permite fortalecer el proceso de toma de decisiones en la fase de planificación [3].

Para un proceso de toma de decisiones acertado, en la planificación de flujos, es necesario elaborar y evaluar diferentes escenarios, que pueden ser obtenidos mediante la modificación de variables del programa de obra, variables como: fechas de inicio y terminación de actividades, rendimientos, actividades predecesoras, proceso constructivo, entre otras, producen flujos de caja con comportamientos distintos [3]. Por tanto, a partir de la modificación del programa de obra es posible obtener escenarios de flujo de caja que se convierten en opciones a tomar en cuenta para el proceso de toma de decisiones.

En el presente trabajo se estudia el comportamiento del flujo de caja de un proyecto de construcción a partir de la modificación del programa de obra, modelos BIM 5D y dinámica de sistemas, en donde se utiliza como caso de estudio una edificación de dos pisos, ubicada en la ciudad de Bucaramanga, Colombia.

# 1 METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de la investigación se tuvieron en cuenta cuatro etapas. En la primera, se identificaron un conjunto de variables que afectan el comportamiento del flujo de caja. En la segunda, se elaboraron tres opciones de proceso constructivo para una casa de dos plantas (caso de estudio), en donde se obtuvieron los modelos del proceso constructivo BIM 5D. La tercera etapa consistió en la modelación y simulación, del flujo de caja, en dinámica de sistemas de los procesos constructivos considerados. La cuarta etapa giro en torno al análisis de los resultados obtenidos de los flujos de caja del caso estudio y de la relación con las variables identificadas en la primera etapa. En la figura 1 se bosqueja la metodología desarrollada.

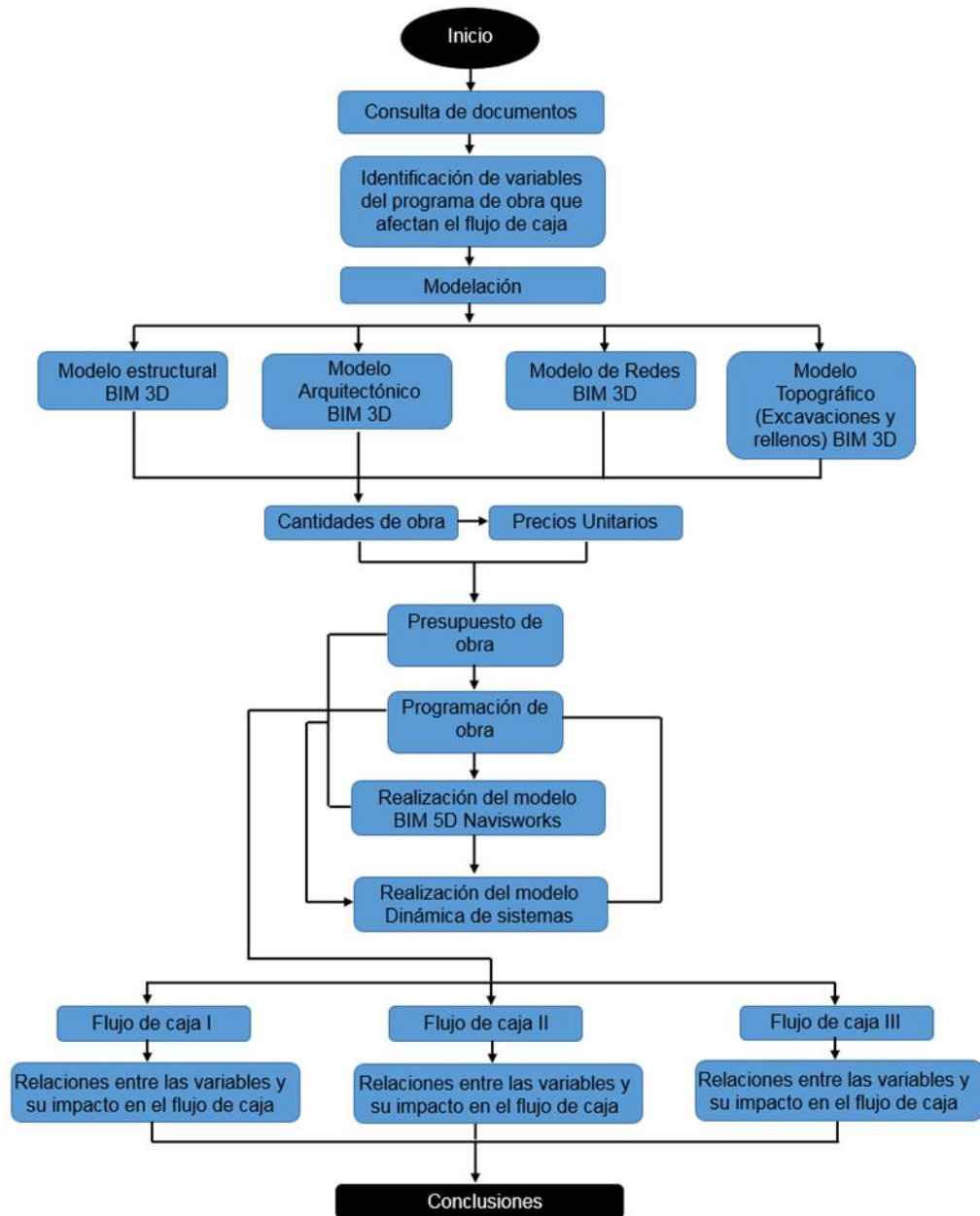
## 1.1 Identificación de variables del programa de obra

El proceso de identificación de las variables del programa de obra, que afectan el comportamiento del flujo de caja, consistió en la lectura de documentos científicos y encuestas informales a constructores de la ciudad de Bucaramanga.

## 1.2 Elaboración de los modelos BIM 5D

La elaboración del modelo y simulación del proceso constructivo BIM 5D se realizó con base en la metodología expuesta en la investigación: “metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnológicas *building information modeling*” [26]. En la figura 1, se ilustran los principales pasos realizados para la obtención del modelo BIM 5D.

Figura 1. Metodología de Investigación.



Los rendimientos de la mano de obra utilizados para el modelo BIM 5D fueron estimados a partir del estudio: “análisis de rendimientos de mano de obra para

actividades de construcción” [27], otros fueron obtenidos de la base de datos de CONSTRUDATA [30].

Los precios unitarios de materiales, equipos y herramientas fueron obtenidos a partir de: cotizaciones en almacenes ubicados en la ciudad de Bucaramanga, base de datos de CONSTRUDATA [30] y consultas en el Sistema Electrónico de Contratación Pública de Colombia [29].

La cuantificación del valor de la mano de obra se realizó en la Calculadora Laboral del Ministerio del Trabajo de Colombia [28], en donde, se tuvieron en cuenta: salario, auxilio de transporte, prestaciones sociales, descanso remunerado, parafiscales y aportes a la seguridad social.

El modelo BIM 3D fue desarrollado en el software Autodesk Revit 2015. En la elaboración del modelo BIM 5D se utilizó el software Autodesk Navisworks 2015, al cual se vinculó el programa de obra que fue desarrollado en el software Microsoft Project 2013.

Para la presente investigación se realizaron tres modelos BIM 5D, del caso de estudio, con diferentes procesos constructivos, en donde el punto de partida fue la modificación del programa de obra, esto enfocado al estudio del comportamiento del flujo de caja a partir de modificaciones en la secuencia de las actividades de obra. Los procesos constructivos propuestos consistieron en las secuencias de actividades que se describen a continuación, base en las plantas I y II (PI, PII):

**Escenario 1:** Construcción de la totalidad de la estructura de concreto reforzado con elementos de redes hidrosanitarias, mampostería PI y PII, cubierta, acabados internos PI y PII, cielos rasos, recubrimientos en cerámica PI y PII, aparatos

sanitarios PI y PII, carpinterías PI y PII, fachada, piso en madera PII, escalera, piso en madera PI.

**Escenario 2:** Estructura de concreto reforzado con elementos de redes hidrosanitarias, mampostería, acabados interno, cielo raso, recubrimiento en cerámica, aparatos sanitarios, carpinterías, escalera y piso en madera PI, estructura de concreto reforzado, mampostería, cubierta, acabados interno, cielo raso, recubrimiento en cerámica y aparatos sanitarios PII, fachada, carpinterías, demás pisos y piso en madera PII,

**Escenario 3:** Estructura de concreto reforzado con elementos de redes hidrosanitarias y mampostería PI, estructura de concreto reforzado, mampostería, cubierta, acabado interno, cielo raso, recubrimiento en cerámica, aparatos sanitarios, y piso en madera PII, acabado interno, cielo raso, recubrimiento en cerámica, aparatos sanitarios, escalera y piso en madera PI, fachada, carpintería PI y PII.

### **1.3 Elaboración de los modelos de dinámica de sistemas**

Los tres modelos del flujo de caja, de la construcción del caso de estudio, fueron elaborados en el software Evolución 4.5, en donde se tuvo en cuenta las características y principios de la dinámica de sistemas. Se utilizó un anticipo del 30% del costo directo del proyecto y un tiempo de actas de 10 días.

La información de entrada se obtuvo de la simulación del proceso constructivo BIM 5D para los tres casos de programas de obra, se utilizaron datos como: fechas de compra de los materiales, personal requerido, tiempos de alquiler, equipos,

herramientas, cantidades de material, duración de actividades, valor ejecutado en el tiempo del proyecto, ingresos del constructor, entre otros.

La unidad de medida del tiempo fue el día, que se utilizó en los tres escenarios de flujo de caja estudiados, la simulación se realizó en el rango de  $0 \leq t \leq 160$  [días], tomando en cuenta la duración de la construcción del caso de estudio.

Con los resultados obtenidos para el comportamiento del flujo de caja de los tres escenarios, se realizó una variación del valor del anticipo y el tiempo de acta, según los valores mostrados en el cuadro 1. Esto con la finalidad de estudiar la opción, de flujo de caja, de mayor conveniencia tanto para el constructor como para dueño, partiendo de la modificación de las variables de programa de obra.

**Tabla 1:** Variación de parámetros en la simulación de los escenarios de flujo caja.

<b>Escenarios</b>	<b>Anticipo sobre el costo directo</b>	<b>Tiempo de actas [Días]</b>
Escenarios 1,2 y 3	10%	5
		10
		15
	20%	5
		10
		15
	30%	5
		10
		15

## 1.4 Procesamiento de resultados

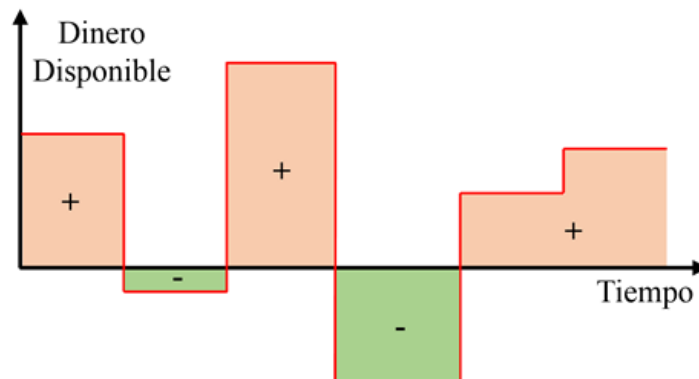
Con los resultados obtenidos, en dinámica de sistemas, para el comportamiento del flujo de caja, con las combinaciones ilustradas en el cuadro 1, fue posible obtener 27 diferentes comportamientos de los flujos de dinero por concepto de la construcción del caso de estudio.

### 1.4.1 Estudio para el constructor

Se realizó una comparación mediante el cálculo del balance promedio diario ( $B_{pd}$ ), que consistió en la sumatoria de los flujos positivos  $\sum F^+$  y negativos  $\sum F^-$  (figura 2), resultado que fue dividido entre la duración total del proyecto en días.  $B_{pd}$  fue calculado para cada una de las 27 opciones del flujo de caja, resultados que fueron utilizados para estudiar la opción de mayor favorabilidad para el constructor.

$$X = \frac{\sum F^+ - \sum F^-}{D_t} \quad (1)$$

Figura 2: Ilustración de los signos del flujo de caja durante la fase de construcción.



Los resultados de  $B_{pd}$  se muestran en el cuadro 4.

### 1.4.2 Estudio para el dueño del proyecto

En el estudio, de la opción de mayor favorabilidad para el dueño del proyecto, se supuso que al inicio de la ejecución se cuenta con la totalidad de los recursos económicos requeridos, por ende se tomó en cuenta el concepto del valor presente neto  $P$  que está definido a partir del valor futuro  $F$ , como se deduce en la siguiente expresión:

$$F = P(1 + i)^n \rightarrow P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (2)$$

La evaluación, de las 27 opciones de flujo de caja estudiadas, consistió en proyectar los  $m$  egresos  $F_m$  que tiene el constructor al día cero de la simulación de dinámica sistemas, situación que se ilustra en la figura 3, en donde:  $V_u$  representa la sumatoria de los egresos del dueño del proyecto proyectados al día de inicio de obra,  $U_m$  representa la utilidad asociada a la inversión del egreso  $F_m$  y  $F_0$  es el valor del anticipo.

La deducción de las expresiones de cálculo se muestra a continuación:

$$F_m = P_m(1 + i)^n \rightarrow P_m = \frac{F_m}{(1 + i)^n} \quad (3)$$

$$V_u = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_k \quad (4)$$

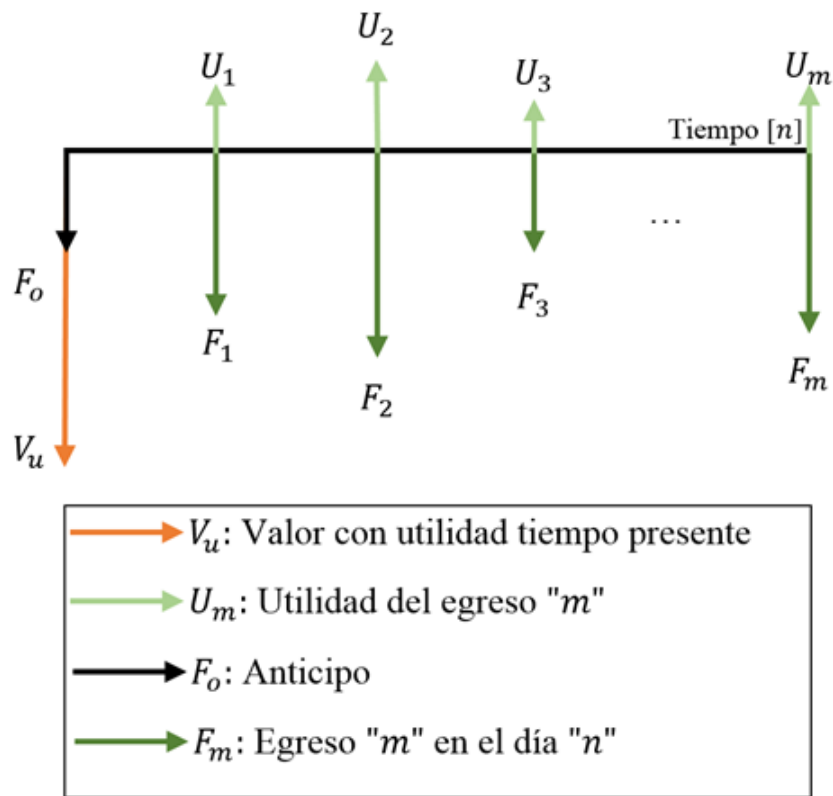
$$V_u = \sum_{m=1}^k P_m = \sum_{m=1}^k \frac{F_m}{(1 + i)^n} \quad (5)$$

En donde la utilidad total  $G$ , puede ser obtenida de la diferencias entre  $V_u$  y el costo total del proyecto  $C_p$ .

$$G = V_u - C_p \quad (6)$$

Para los cálculos se asumió una rentabilidad  $i = 8\%$  E.A, los resultados de  $G$  se muestran en el cuadro 3.

**Figura 3:** Ilustración de los flujos de efectivo.



El proceso final del desarrollo de la investigación, consistió en el estudio de la influencia de las variables del programa de obra, identificadas en la etapa 1, en el comportamiento del flujo de caja, en donde se tomaron como referencia los resultados obtenidos en los procedimientos descritos anteriormente.

## 2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1 Variables del programa de obra

Las variables identificadas, del programa de obra, que afectan el comportamiento del flujo de caja se listan en el cuadro 1, que se obtuvo de la depuración de una lista inicial.

**Tabla 2:** Variables del programa de obra que afectan el comportamiento del flujo de caja.

Id	Variable
1	Duración del programa de obra.
2	Fechas de inicio y finalización de las actividades de obra.
3	Secuencia de actividades de obra o procesos constructivos.
4	Fechas programadas para la compra de materiales y alquiler de equipos.
5	Número de oficiales y ayudantes de construcción empleados.
6	Cantidad y formación del personal calificado en obra.
7	Programación del uso de maquinaria y herramientas.
8	Rendimientos del personal de obra.
9	Días no laborables dentro del programa de obra.
10	Horarios de la jornada laboral.

### 2.2 Simulación BIM 5D

Los resultados de la simulación BIM 5D se muestran en la figura 5, en donde se observan cinco momentos para cada uno de los tres escenarios estudiados, se incluye la fecha y el costo correspondiente. La simulación se realizó en el intervalo

### **2.2.1 Cálculo de cantidades de material**

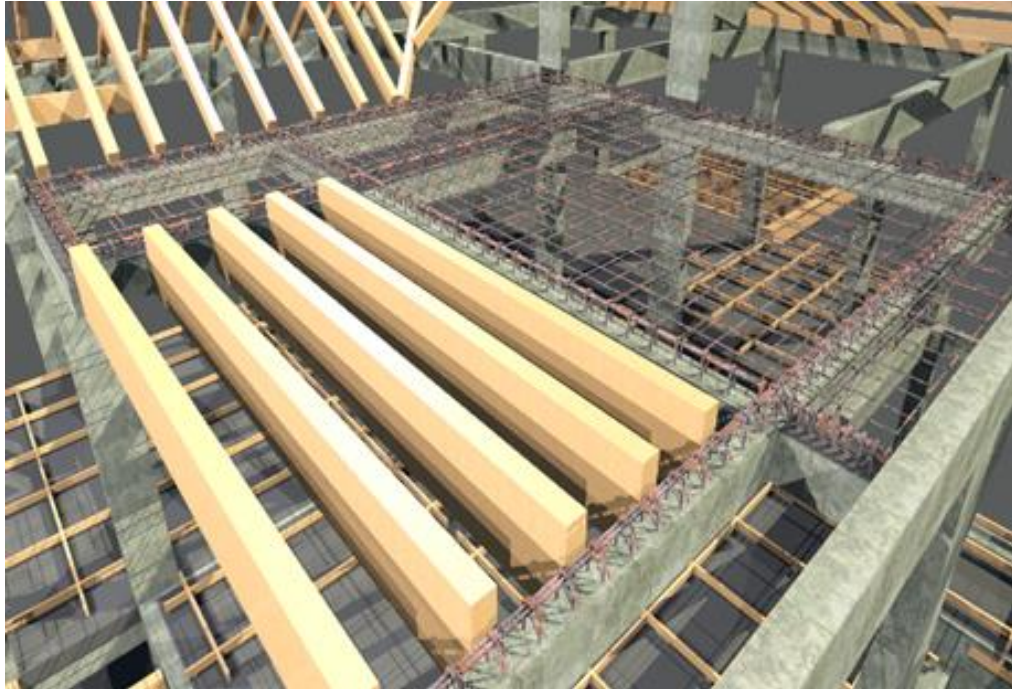
Se observa que el modelo BIM 5D resulta una herramienta eficaz para la automatización del proceso relacionado con el cálculo de las cantidades de obra, en los diferentes momentos del proceso constructivo, resultado que coincide con el de otras investigaciones [2-3-18], lo que permite mejorar el proceso cuantificación de los flujos de dinero relacionados con la compra de materiales y por ende obtener información detallada que beneficia la precisión de la fase de planificación del flujo de caja. Para el caso de estudio, fue posible cuantificar de forma rápida y automatizada los elementos de construcción, las ventajas fueron notables en la cuantificación de los elementos de las redes hidrosanitarias y el acero de refuerzo de la estructura en concreto reforzado (figuras 4, 9, 10 y 11).

### **2.2.2 Visualización para la toma de decisiones**

La simulación BIM 5D es de gran utilidad para visualizar situaciones que afectan el flujo de caja, un ejemplo se presenta con la cuantificación de los flujos de dinero relacionados con herramientas y equipos, es posible estimar las cantidades y los momentos en que se requiere realizar alquileres o compras.

BIM 5D permite evaluar la coherencia y compatibilidad del programa de obra a partir de la observación de la simulación, aspecto que mejora la confiabilidad en las actividades de planificación y estudio del flujo de caja.

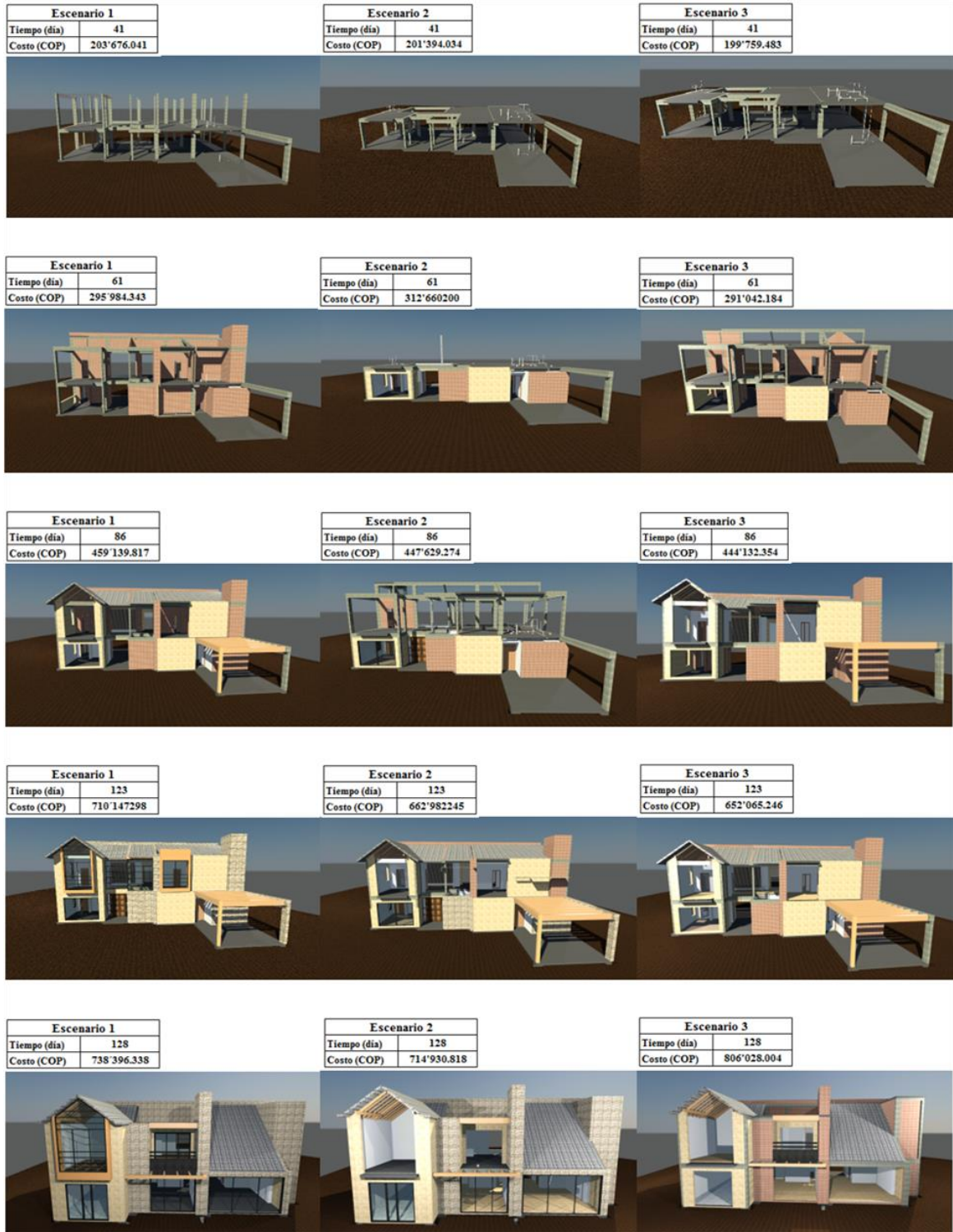
**Figura 4:** Modelo BIM, caso de estudio.



***Cuantificación de actas: ingresos de constructor***

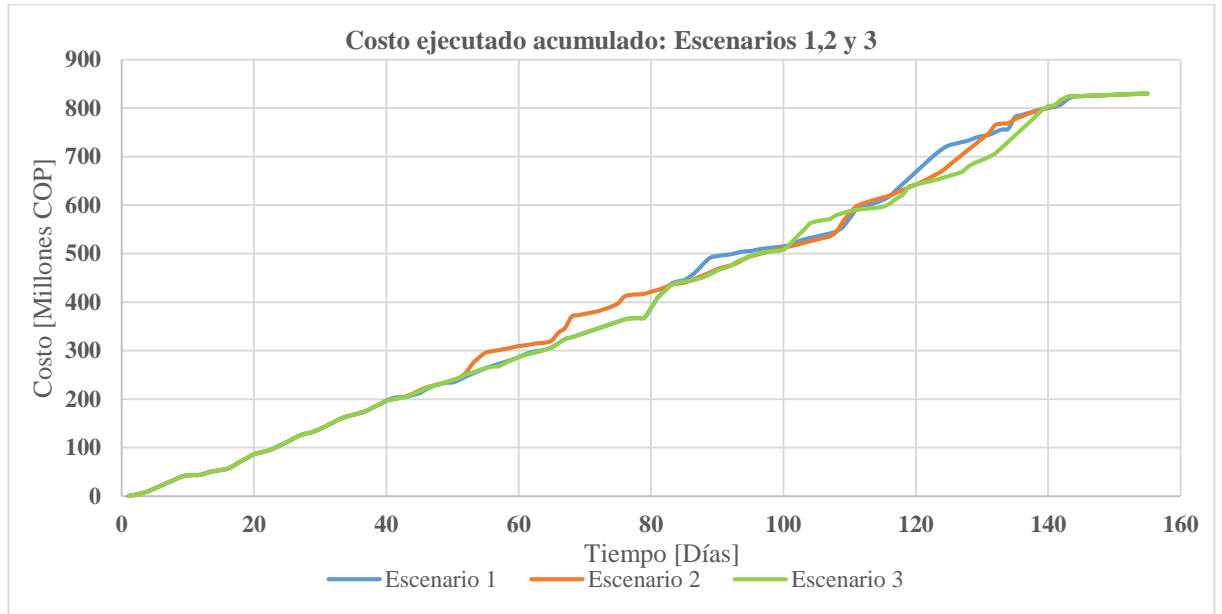
La dimensión de costo, del modelo BIM 5D, reduce la imprecisión que se presenta en la cuantificación de los ingresos de constructor, teniendo en cuenta que es posible obtener el costo ejecutado acumulado durante la fase de construcción, del cual depende el valor de las actas relacionadas con los flujos de ingresos. En la figura 7, se observa el costo ejecutado acumulado para los tres escenarios estudiados, donde fueron estimados los ingresos del constructor.

**Figura 5: Simulación BIM 5D: escenarios 1, 2 y 3.**

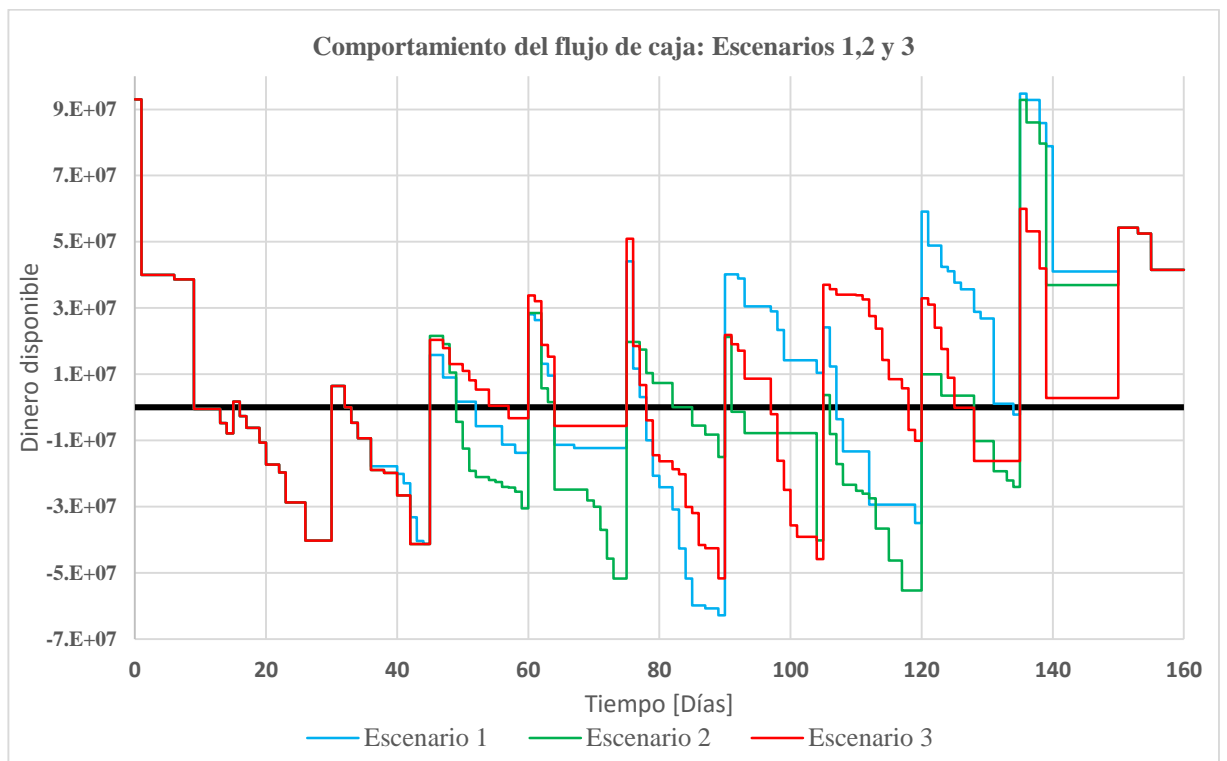




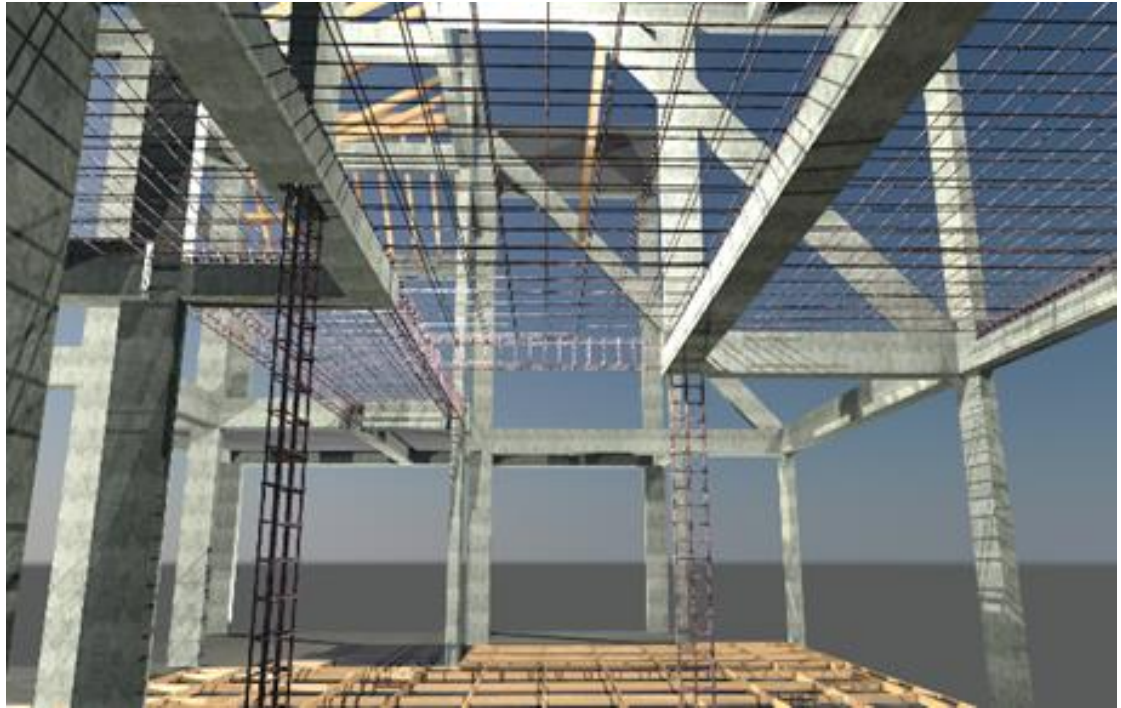
**Figura 7:** Simulación BIM 5D: escenarios 1, 2 y 3.



**Figura 8:** Comportamiento del flujo de caja para los escenarios 1,2 y 3.



**Figura 9:** Cuantificación de acero de refuerzo con BIM.



**Figura 10:** Modelo BIM 3D, caso de estudio.



**Figura 11:** Modelo BIM 3D, caso de estudio.



### **2.3 Comportamiento del flujo de caja según programa de obra**

En la figura 8, se observa el comportamiento del flujo de caja para los escenarios estudiados para un anticipo del 10% y un tiempo de actas de 15 días, datos que fueron obtenidos a partir de la simulación de dinámica de sistemas en el software Evolución 4.5 a partir del modelo mostrado en la figura 6, el cual fue realizado para el caso de estudio con base la información producida en la simulación BIM 5D que se muestra en la figura 5.

### **2.4 Relación entre variables y comportamiento del flujo de caja**

Con los resultados obtenidos del comportamiento del flujo de caja en dinámica de sistemas para las 27 opciones estudiadas según el cuadro 1, fue posible obtener los resultados necesarios, para estudiar la relación entre las variables del programa de obra definida y el comportamiento del flujo de caja.

De las variables de: duración del programa de obra, fechas de inicio y finalización de las actividades de obra y secuencia de actividades de obra o procesos

constructivos, se realizó un estudio de la opción de mayor conveniencia tanto para el constructor como para el dueño en donde se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación:

#### **2.4.1 Estudio para el dueño del proyecto**

El dueño de un proyecto de construcción puede aprovechar el programa de obra planificado para programar los desembolsos al constructor, de tal manera que le permita invertir el dinero y obtener utilidades. En el cuadro 3, es posible observar las utilidades que el dueño podría obtener en las 27 opciones de flujo de caja estudiadas, en donde se observa que la mayor utilidad es la opción que se construye con el escenario 3, con un anticipo del 10% sobre el costo directo y un tiempo de actas de 15 días. Se observa que las actividades de planificación de flujo de caja, por parte del dueño de un proyecto de construcción pueden llevar a utilizar de forma eficiente los recursos económicos, por tanto es posible optimizar las utilidades, lo que podría afectar el comportamiento del flujo de caja, ya que el dueño del proyecto puede escoger la opción de su mayor conveniencia afectando la elección del programa de obra y por ende los desembolsos de dinero al constructor, también llamadas ingresos del constructor. Esta situación también podría ser aprovechada con la utilidad en las situaciones en el dueño del proyecto debe solicitar recursos financieros a una entidad bancaria, pues sería posible reducir los costos relacionados al pago de intereses.

Para el dueño de un proyecto de construcción resulta útil la metodología expuesta en la presente investigación, ya que puede evaluar, de forma rápida y automatizada, distintos escenarios de flujo de caja con distintas opciones de programa de obra, y de esta forma elegir el de su mayor conveniencia para maximizar sus utilidades.

**Tabla 3:** Utilidad para la inversión del dinero del proyecto: valores de  $G$ .

<b>Valores de <math>G</math>, para la opciones de flujo de caja estudiadas</b>			
<b>Esc.</b>	<b>Tiempo de actas [Días]</b>		
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Anticipo 10%</b>			
<b>Esc. 1</b>	\$14,195,294	\$14,627,370	\$15,061,892
<b>Esc. 2</b>	\$14,114,714	\$14,522,906	\$15,050,296
<b>Esc. 3</b>	\$14,382,682	\$14,201,545	\$15,240,039
<b>Anticipo 20%</b>			
<b>Esc. 1</b>	\$12,618,039	\$13,002,107	\$13,388,348
<b>Esc. 2</b>	\$12,546,412	\$12,909,250	\$13,378,041
<b>Esc. 3</b>	\$12,784,607	\$13,165,423	\$13,546,701
<b>Anticipo 30%</b>			
<b>Esc. 1</b>	\$11,040,784	\$11,376,843	\$11,714,805
<b>Esc. 2</b>	\$10,978,111	\$11,295,594	\$11,705,786
<b>Esc. 3</b>	\$11,186,531	\$11,519,745	\$11,853,363

#### 2.4.2 Estudio para el constructor del proyecto

Con los datos obtenidos de la simulación del modelo de dinámica de sistemas, mostrado en la figura 6, fue posible realizar un comparativo de los flujos positivos y negativos para cada una de las 27 opciones estudiadas, la comparación se realizó a partir del cálculo del balance promedio diario  $B_{pd}$ , los valores obtenidos se muestran en el cuadro 4.

En el estudio de las 27 opciones para el constructor del proyecto, fue posible determinar que la opción de mayor favorabilidad es el programa de obra del escenario 1, con un anticipo del 30% y un tiempo de actas de 5 días, lo que resulta coherente, teniendo en cuenta que a mayor anticipo se podrá disponer de una

mayor cantidad de dinero desde el inicio de la obra y con un tiempo de actas reducido el constructor podrá tener ingresos frecuentemente.

Se observa que, en la fase de planificación, el constructor puede configurar el programa de obra de tal manera que se minimicen los riesgos, en donde influye de forma significativa el proceso constructivo que se adopte y variables como: número de empleados en obra, equipos, herramientas, acabados del proyecto, interdependencia de actividades, festividades, horario laboral, cuadrillas de trabajo, entre otras.

**Tabla 4:** Valores obtenidos para el balance promedio diario: valores de  $B_{pd}$ .

<b>Valores de <math>B_{pd}</math>, para la opciones de flujo de caja estudiadas</b>			
<b>Esc.</b>	<b>Tiempo de actas [Días]</b>		
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Anticipo 10%</b>			
<b>Esc. 1</b>	\$33.201.378	\$20.162.865	\$7.084.898
<b>Esc. 2</b>	\$27.665.113	\$15.357.044	-\$541.085
<b>Esc. 3</b>	\$29.102.326	\$16.181.201	\$3.259.076
<b>Anticipo 20%</b>			
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Esc. 1</b>	\$79.847.477	\$68.257.687	\$56.632.826
<b>Esc. 2</b>	\$74.045.747	\$63.105.240	\$48.973.569
<b>Esc. 3</b>	\$76.382.245	\$64.896.800	\$53.410.463
<b>Anticipo 30%</b>			
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Esc. 1</b>	\$126.493.576	\$116.352.509	\$106.180.757
<b>Esc. 2</b>	\$120.400.317	\$110.853.438	\$98.488.227
<b>Esc. 3</b>	\$123.662.164	\$113.612.399	\$103.561.858

#### ***2.4.2.1 Duración del programa de obra***

El flujo de caja se ve afectado de forma significativa por la duración del programa obra, como se observa en el caso de estudio, ya que entre mayor duración tenga la obra el constructor tendrá un mayor número de flujos correspondientes al pago de servicios, insumos y mano de obra, ejemplos de esto es: localización y replanteo, alquiler de estructuras temporales, equipos, mano de obra, otros.

#### ***2.4.2.2 Fechas de inicio y finalización de las actividades de obra***

Como se observa en la figura 8, el flujo de caja depende de gran manera de las fechas en las que se realicen las actividades de obra, teniendo en cuenta que un cambio de fecha afecta: compra de materiales, transportes alquiler de equipos y herramientas, factores de los cuales dependen los momentos de ocurrencia de los flujos; que se encuentran relacionados de forma estrecha con el comportamiento del flujo de caja. En el caso de estudio fue posible observar el fenómeno descrito a partir de la diferencia obtenida en el comportamiento del flujo de caja de los tres escenarios estudiados.

#### ***2.4.2.3 Secuencia de actividades de obra o procesos constructivos***

Como se observó en el análisis realizado para el constructor y para el dueño, al igual que en la figura 8, el proceso constructivo adoptado en el programa de obra tiene un efecto significativo en el comportamiento del flujo de caja de un proyecto de construcción, por tanto en la planificación del flujo de caja de un proyecto de construcción resulta adecuado contemplar distintos programas de obra con distintos procesos constructivos pues es posible mitigar situaciones indeseadas como valores negativos o extremadamente bajos. Si se busca la planificación a conveniencia del constructor es posible lograr, en la planificación, reducir el riesgo

de valores de negativos. Si el programa de obra se define a conveniencia del constructor es posible lograr uno que genere un comportamiento del flujo de caja que maximice la utilidad.

#### ***2.4.2.4 Fechas programadas para la compra de materiales y alquiler de equipos.***

El comportamiento del flujo de caja, de los tres programas de obra, se diferenci6 por concepto de las diferentes fechas de ejecuci6n de las actividades, lo que conlleva a una variaci6n de las fechas de compra de materiales y alquiler de equipos, fue posible observar que la realizaci6n temprana de actividades que requieran la adquisici6n de materiales con costos reducidos resulta adecuado para el flujo de caja, ya que se comienza invirtiendo pocos recursos en compras y alquileres, generando as6 la posibilidad de contar con flujos de caja positivos para suplir las necesidades en obra.

#### ***2.4.2.5 Numero de oficiales y ayudantes de construcci6n empleados***

El comportamiento del flujo de caja se ve afectado por la cantidad de personal contratado, entre mayor sea el n6mero de personas en obra, los egresos del constructor por concepto de n6minas ser6n mayores. Se observ6 que un mayor n6mero de empleados contribuye a disminuir la duraci6n del programa de obra, y por tanto algunos flujos de dinero correspondientes a los egresos, sin embargo, se recomienda realizar el estudio de diferentes opciones de programa de obra con diferentes cantidades de recursos humanos, en donde se tenga presente la disponibilidad de espacio para la realizaci6n de actividades, que puede verificarse mediante en el modelo BIM 5D. Por cuestiones de motivaci6n y rendimiento del personal, resulta indispensable garantizar el pago de n6minas por el monto acordado y en las fechas programadas, es por esto que en la planificaci6n del flujo

de caja se recomienda procurar realizar estimaciones relacionadas con la mano de obra, las cuales sean estudiadas y debatidas detenidamente por los actores involucrados en el proyecto.

#### ***2.4.2.6 Cantidad y formación del personal calificado en obra***

La cantidad y formación del personal calificado, afecta el flujo de caja en los periodos en los que se realiza el pago de nóminas, para el caso de estudio se asumió que la ocurrencia de los flujos por concepto de nóminas del personal calificado tiene una frecuencia de un mes, tiempos en los cuales se observó una afectación notable, causada por la magnitud elevada del conjunto de nóminas del personal calificado. Entre mayor complejidad posea un proyecto mayor será la formación del personal requerida y, por ende, mayores serán los flujos de efectivo relacionados con el pago de nóminas.

#### ***2.4.2.7 Programación del uso de maquinaria y herramientas***

En el desarrollo de los programas de obra y flujos de caja de los escenarios estudiados, se observó que falencias en la planificación de actividades de obra, pueden conllevar a tener egresos por concepto de alquiler de equipos y herramientas durante gran parte de la fase de construcción, sin embargo en algunos periodos de tiempo dichos equipos y herramientas pueden no utilizarse o utilizarse parcialmente, situación que afecta el comportamiento del flujo de caja pues los flujos salientes pueden darse durante gran parte de la fase de construcción o un corto periodo de tiempo diseñado en la elaboración del programa de obra.

#### ***2.4.2.8 Rendimientos del personal en obra***

El comportamiento del flujo de caja se ve afectado por el rendimiento del personal en obra, ya que un alto rendimiento permitirá agregar un mayor valor a la obra, que permitirá aumentar los ingresos del constructor y reducir el tiempo de duración de las actividades, afectando de forma simultánea los flujos relacionados con: nóminas, equipos, herramientas y materiales. En el desarrollo de la metodología se observó que cuantificar los rendimientos de la mano de obra resulta una actividad crucial para asegurar resultados de precisión en las estimaciones del flujo de caja ya que de estos dependen un gran número de variables.

#### ***2.4.2.9 Días no laborables dentro del programa de obra***

En la planificación de los flujos de dinero, se recomienda que en el programa de obra sean tenidos en cuenta los días no laborables pues afectan el comportamiento del flujo de caja ya que en tales días no se agrega valor al proyecto y si se deben cubrir egresos como nóminas, alquileres, servicios públicos, etc.

#### ***2.4.2.10 Horarios de la jornada laboral***

Los horarios en los que se labora, es una variable del programa de obra que puede afectar los flujos de dinero relacionados con nóminas, pues es frecuente que el trabajo en horario nocturno implique mayores egresos. Los horarios de la jornada laboral también pueden afectar el rendimiento de la mano de obra el cual se encuentra relacionado con varias de las variables que definen el comportamiento del flujo de caja.

### 3 CONCLUSIONES

En el estudio del comportamiento del flujo de caja de los tres procesos constructivos estudiados, se observó que la construcción de acabados arquitectónicos de forma temprana genera altos egresos por concepto del pago de materiales y servicios, lo que conlleva al riesgo de obtener valores negativos en el flujo de caja, tal como se observa en la figura 8, en donde el comportamiento del escenario 2 tiende a presentar mayor cantidad de flujos negativos en comparación con los escenarios 1 y 3, esto causado porque el programa de obra del escenario 2 contempla la construcción completa de la primera planta y seguida de esta, la totalidad de la segunda planta. Por tanto, se recomienda que, si se quiere evitar situaciones indeseadas en el flujo de caja como valores negativos o extremadamente bajos, se debe optar por construir los elementos estructurales y luego los acabados arquitectónicos, para proyectos similares al del caso de estudio.

En los escenarios de flujo de caja estudiados, se observó que una mayor duración del programa de obra ocasiona un mayor costo del proyecto de construcción, esto con motivo al pago de: alquileres de maquinaria, nominas, servicios públicos, entre otros. Se concluye que resulta adecuado procurar que los procesos constructivos tengan la menor duración posible, sin embargo, se debe ser cuidadoso ya que existen límites como los tiempos de fraguado de los concretos y el espacio de trabajo disponible el cual puede afectar el número de trabajadores que sea posible contratar.

Las fechas de compra de materiales resultan variables que afectan de forma significativa al comportamiento del flujo de caja, teniendo en cuenta que las magnitudes de los flujos de dinero asociados al suministro de insumos son cuantiosas. Por lo que resulta adecuada la planificación de la compra de cantidades

de material ya que es posible evitar situaciones como flujos de caja negativos y acumulación de materiales en los lugares de la obra.

Se observó que el programa de obra, de la instalación de redes hidráulicas y sanitarias, no tiene un efecto significativo en el comportamiento del flujo de caja, para proyectos similares al caso de estudio, esto con motivo a que el valor económico de los elementos de construcción relacionados es reducido lo que conlleva a que la magnitud de los flujos de dinero sea reducida. En los casos del programa de obra de elementos correspondientes al sistema estructural y arquitectónico, fue posible deducir que afectan significativamente el comportamiento del flujo de caja, situación relacionada con su elevado costo económico que conlleva a que las magnitudes de los flujos produzcan efectos significativos en el flujo de caja.

El horario laboral, establecido en un programa de obra, afecta el comportamiento del flujo de caja, ya que en la elaboración del presupuesto de construcción generalmente se tienen en cuenta horarios laborales diurnos y en obra puede presentarse la necesidad de laborar en horario nocturno, lo que implicaría un aumento de la magnitud de los flujos de dinero por concepto de recargos nocturnos, además fenómenos como la reducción de rendimientos de la mano de obra. La presencia de festividades, en el programa de obra, afecta la ocurrencia de los flujos de efectivo, teniendo en cuenta que son días en los cuales no se labora y por tanto no se agrega valor al proyecto, lo que daña los ingresos y egresos que tiene el constructor.

En la fase de planificación del flujo de caja, el dueño de un proyecto de construcción puede utilizar la metodología expuesta para determinar las características del programa de obra, que resultan de mayor beneficio para la obtención de un comportamiento del flujo de caja acorde con la disponibilidad de recursos

financieros. En los escenarios estudiados, se observó que el programa de obra de mayor beneficio para el dueño del proyecto es el del escenario 3 con un anticipo del 10% del costo del proyecto y tiempo de actas de 15 días.

Tomando en cuenta, la problemática existente en cuanto a las complicaciones financieras que puede tener un constructor, resulta de gran utilidad estudiar y evaluar distintos escenarios del programa de obra que producen comportamientos diferentes en el flujo de caja, como en la investigación realizada, en donde se estudiaron tres diferentes opciones de programa de obra, los cuales producen diferentes comportamientos de flujo de caja, que el constructor puede evaluar y decidir adoptar el de mayor beneficio e implique el mínimo riesgo posible.

Se observó que el uso conjunto, de modelos BIM 5D y dinámica de sistemas, facilita y automatiza el estudio del comportamiento del flujo de caja de un proyecto de construcción, ya que es posible generar diferentes escenarios en tiempos reducidos, iniciando con la modificación de las condiciones y finalizando con simulación de los modelos, en donde se pueden obtener diferentes escenarios de los cuales es posible seleccionar el de mayor conveniencia para el dueño o el constructor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] KENLEY, Russell. Financing Construction. Unitec, New Zealand. Taylor & Francis Group, 2003.
- [2] PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar; GALVIS, José; JAIMEZ, Néstor y CASTAÑEDA, Karen. Tecnologías “building information modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concretos reforzado. En: Revista Entramado. Abril, 2015, vol. 11, p. 230-249.
- [3] SÁNCHEZ, Omar. Análisis del flujo de la construcción .Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2015.
- [4] CHEN, Hong. Developing cost response models for company-level cost flow forecasting of project-based corporations. En: Journal of Management in Engineering – ASCE. Marzo, 2007, vol. 23, p. 171-181.
- [5] PARK, Hyung; HAN, Seung y RUSSELL, Jeffrey. Cash flow forecasting model for general contractors using moving weights of cost categories. En: Journal of Management in Engineering – ASCE. Octubre, 2005, vol. 21, p. 164-172.
- [6] ALGHAZI, Anas; SELIM, Shokri y ASHRAF, Elazouni. Performance of shuffled frog-leaping algorithm in finance-based scheduling. En: Journal of Computing in Civil Engineering – ASCE. Octubre, 2012, vol. 26, p. 396-408.
- [7] NAVON, Ronie. Company level cash flow management. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Septiembre, 1994, vol. 122, p. 22-29.
- [8] AL-JOBURI, Khalil; AL-AOMAR, Raid y BAHRI, Mohammed. Analyzing the impact of negative cash flow on construction performance in the Duda area. En: Journal of Management in Engineering – ASCE. Octubre, 2012, vol. 28, p. 382-390.
- [9] HAWAS, Francisco y CIFUENTES, Arturo. Valuation of projects with stochastic cash flows and intertemporal correlations: practical modeling guidelines. En: Journal of Management in Engineering – ASCE. Febrero, 2014, p. 140-145.
- [10] KIM, Hyunjoo y GROBLER, Françoise. Preparing a construction cash flow analysis using building information modeling (BIM) technology. En: KICEM Journal of a Construction Engineering and Project Management. Febrero, 2013, vol. 3, p. 1-9.

- [11] LUCKO, Gunnar. Optimizing cash flows for linear schedules modeled with singularity functions by simulated annealing. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Julio, 2011, vol. 137, p. 523-535.
- [12] KHOSROWSHAHI, Fernando y KAKA, Ammar. A decisión support model for construction cash flow management. En: Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 22, p. 527-539.
- [13] KISHORE, Varun; ABRAHAM, Dulcy y SINFIELD, Joseph. Portfolio cash assessment using fuzzy systems theory. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Mayo, 2009, vol. 137, p. 333-343.
- [14] JARRAH, Ra'ed; KULKARNI, Devdatta y O'CONNOR, James. Cash flow projections for selected TxDOT highway projects. En: Journal of Construction Engineering and Management - ASCE. Marzo, 2007, vol. 133, p. 235-241.
- [15] SU, Yi y LUCKO, Gunnar. Synthetic cash flow model with singularity functions. I: theory for periodic phenomena and time value of money. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Febrero, 2015, vol. 141, p. 1-12.
- [16] QING, Liu; TAO, Gao y PING, Wang. Study on building lifecycle management platform based on BIM. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. Enero, 2014, vol. 7, p. 1-8.
- [17] QING, Liu; TAO, Gao y PING, Wang. Study on building lifecycle management platform based on BIM. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. Enero, 2014, vol. 7, p. 1-8.
- [18] HARTMANN, Timo; GAO, Ju. y FISCHER, Martin. Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Octubre, 2008, vol. 134, p. 776-785.
- [19] DING, Lieyun; ZHOU, Ying y AKINCI, Burcu. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable nD. En: Automation in Construction. Mayo, 2014, vol. 46, p. 82-93.
- [20] QIAN, Ang. Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management. Thesis Undergraduated of Civil Engineering. National University of Singapore, Singapore. 2012.
- [21] CHEN, Hong; O'BRIEN, William y HERBSMAN Zohar. Assessing the accuracy of cash flow models: the significance of payment conditions. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Junio, 2005, vol. 131, p. 669-676.

- [22] MELIK, Serhat. Cash flow analysis of construction projects using fuzzy set theory. Thesis submitted to the degree of Master of Science in Civil Engineering. Middle East Technical University, Ankara, Turquía. 2010.
- [23] SMART, Chris y BRYANT, Virginia. Enhancing cash flow forecasting by the use of system dynamic modelling techniques. En: System Dynamics. 1993, p. 495-504.
- [24] YI-HAN, Zhang y HONG-XIN, Wang. Simulation study of cash flow for the firm based on system dynamics. En: 2010 International Conference on Education and Management Technology. 2010, vol. 10, p. 292-296.
- [25] NAIR, Girish y RAJ, Lewlyn. Dynamics of financial system: a system dynamics approach. En: International Journal of Economics and Financial Issues. 2013, vol. 3, p. 14-26.
- [26] PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar y GALVIS, José. Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías “building information modeling”. En: Revista Gerencia Tecnológica Informática – GTI. Abril, 2015, vol. 14, p. 30-45.
- [27] POLANCO, Lina Marithza. Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción. Trabajo de grado del pregrado en Ingeniería Civil. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías y Administración. Facultad de Ingeniería Civil, 2009.
- [28] MINISTERIO DE TRABAJO DE COLOMBIA. Calculadora Laboral del Ministerio de Trabajo. [Citado 10 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.mintrabajo.gov.co/calculadora-laboral.html>.
- [29] SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTRATACIÓN PÚBLICA. Portal Único de Contratación. [Citado 08 de junio de 2015]. Disponible en: <http://poxta.colombiacompra.gov.co:8081/>
- [30] CONSTRUDATA. Precios de insumos y análisis unitarios. [Citado 12 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.construdata.com/HomePresupuestar.asp?>

## BIBLIOGRAFIA

DING, Lieyun; ZHOU, Ying y AKINCI, Burcu. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable nD. En: Automation in Construction. Mayo, 2014, vol. 46, p. 82-93.

HAWAS, Francisco y CIFUENTES, Arturo. Valuation of projects with stochastic cash flows and intertemporal correlations: practical modeling guidelines. En: Journal of Management in Engineering – ASCE. Febrero, 2014, p. 140-145.

KIM, Hyunjoo y GROBLER, Françoise. Preparing a construction cash flow analysis using building information modeling (BIM) technology. En: KICEM Journal of a Construction Engineering and Project Management. Febrero, 2013, vol. 3, p. 1-9.

NAIR, Girish y RAJ, Lewlyn. Dynamics of financial system: a system dynamics approach. En: International Journal of Economics and Financial Issues. 2013, vol. 3, p. 14-26.

PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar y GALVIS, José. Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías “building information modeling”. En: Revista Gerencia Tecnológica Informática – GTI. Abril, 2015, vol. 14, p. 30-45.

PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar; GALVIS, José; JAIMEZ, Néstor y CASTAÑEDA, Karen. Tecnologías “building information modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concretos reforzado. En: Revista Entramado. Abril, 2015, vol. 11, p. 230-249.

QING, Liu; TAO, Gao y PING, Wang. Study on building lifecycle management platform based on BIM. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. Enero, 2014, vol. 7, p. 1-8.

QING, Liu; TAO, Gao y PING, Wang. Study on building lifecycle management platform based on BIM. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. Enero, 2014, vol. 7, p. 1-8.

SÁNCHEZ, Omar. Análisis del flujo de la construcción .Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2015.

SU, Yi y LUCKO, Gunnar. Synthetic cash flow model with singularity functions. I: theory for periodic phenomena and time value of money. En: Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. Febrero, 2015, vol. 141, p. 1-12.

# **ANEXOS**

**NOTA: LOS ANEXOS CORRESPONDIENTES A ESTE PROYECTO PUEDEN CONSULTARSE EN SALA BASE DE DATOS DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**