

Modelo y software para evaluar el impacto de los factores que influyen en la liquidez y el costo financiero de obras públicas

José A. González-Fajardo*, Erick J. Heftye-Cué, Jesús N. Zaragoza-Grifé, Carlos A. Estrella-Escalante

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Avenida Industrias no Contaminantes y Periférico Norte s/n. Mérida, Yucatán, México.

Fecha de recepción: 15 de julio de 2021 - Fecha de aceptación: 23 de diciembre de 2021

Resumen

La industria de la construcción opera en ambientes altamente competitivos que induce a los contratistas a utilizar márgenes de utilidad muy reducidos en las licitaciones de obras públicas para poder competir. Este hecho afecta la liquidez de las empresas y el costo financiero de las obras puede poner en un riesgo todavía mayor los márgenes reducidos. Es un consenso común que la gestión del flujo de efectivo y la liquidez, así como la estimación precisa del costo de financiamiento, son elementos clave para la supervivencia de los contratistas y el éxito de sus proyectos. Existen diversos factores que afectan tanto la liquidez como el costo financiero de los proyectos de construcción, tales como el anticipo, la frecuencia de cobro y pago, los atrasos en los pagos, el programa de obra, los créditos convenidos con proveedores, etc. En este trabajo se investigó acerca de los valores de varios de estos factores en la zona de Yucatán, México, y se analizó su impacto en la liquidez y el costo financiero en las obras públicas. Se propone un modelo basado en la interrelación del costo y del tiempo para analizar el impacto en las obras y tomar mejores decisiones en su gestión; también se plantea un procedimiento paso a paso que propone el uso de software específico y la metodología BIM para facilitar el manejo de la información que se requiere en este tipo de modelos. El procedimiento se probó en un edificio complejo y el resultado mostró que es factible evaluar la significancia de la variación de la liquidez y del costo financiero, para diferentes combinaciones de factores.

Palabras clave: gestión de la construcción, flujo de efectivo, liquidez, costo financiero, integración del costo y tiempo, contratista.

Model and software for financial liquidity and financial cost assessment in construction government contracts.

Abstract

* antonio.gonzalez@correo.uady.mx

The construction industry operates in a very competitive environment which induces contractors to utilize low-profit margins in their bids on construction government contracts. This fact affects companies' financial liquidity and financial costs; this situation could compromise their reduced profit margins. There is a common agreement that cash flow, financial liquidity, and accurate financial cost estimating are crucial elements for the construction contractor's survival and their project's successful completion. Many factors affect projects' financial liquidity, and financial cost such as money advance, collection and payment frequency, late payments, project schedule, credit agreed with suppliers, etc. In this paper, the authors show results obtained in a study of some actual and agreed values on mentioned factors in Yucatan, Mexico; besides, they present its impact on the financial liquidity and financial cost for construction projects derived from government contracts. An analytical model is proposed to assess the financial impact and to make decisions for project management concerns. The presented model is based on cost and time integration. The authors also recommend a step-by-step guide using specific software and BIM technology to make the information management easier for project models involved in studied contracts. This guide was probed on a complex building project. The results showed that it is feasible and practical to evaluate the significance of the variation in liquidity and financial cost for different combinations of factors.

Keywords: Construction Management, Cash Flow, Financial Liquidity, Financial Cost, Cost and Time Integration, Contractor.

Introducción

La industria de la construcción opera en un entorno altamente competitivo y los contratistas no podrían sobrevivir sin una gestión eficaz de sus proyectos (Liu et. al, 2009). Este entorno induce a los contratistas a utilizar márgenes de utilidad muy reducidos en las licitaciones de obras públicas para poder competir lo que, en consecuencia, afecta la liquidez de las empresas (Mahamid I, 2012). Es un consenso común que la gestión del flujo de efectivo y la liquidez son elementos clave para la supervivencia de los contratistas (Navon, 1996; Mohsin et. al, 2014; Adjei et. al, 2018); el inadecuado manejo del flujo de efectivo es probable que sea una de las principales razones por las cuales la insolvencia es más probable que ocurra en la industria de la construcción que en otras (Jiang et al. 2011).

La “obra” o etapa de ejecución de un proyecto de construcción es la que demanda la mayor cantidad de recursos económicos; durante ella, tiene lugar un intenso movimiento financiero de cobros y pagos entre el dueño y los contratistas y entre éstos y los subcontratistas y proveedores. Cuando el contratista requiere de

financiamiento para que la obra no sea detenida puede recurrir a instituciones de crédito. El pago del interés del dinero que se obtiene es lo que se conoce como costo financiero tradicional, mismo que es muy alto en México, en comparación con los estándares internacionales (Vargas, 2020). Este panorama ha obligado a las empresas a negociar las deudas con los proveedores que, de manera forzada o negociada, aceptan compartir o asumir la parte de los costos de financiamiento (García et al. 2004). Las empresas constructoras que tienen pocos márgenes de utilidad para absorber los costos financieros corren el riesgo de quedarse sin recursos para terminar un proyecto e incluso irse a la bancarrota (El-Kholy, A.M., 2014). El riesgo aumenta cuando los periodos de pago de estimaciones no se cumplen, lo cual es frecuente en las obras públicas, en donde además, los tiempos políticos derivados de los cambios de gobierno incrementan el riesgo de atrasos. El pago tardío está íntimamente relacionado con el flujo de efectivo y es un asunto de gran preocupación en la industria de la construcción, tal vez más que en otras industrias (Yang y Chang 2013; Albdul-Rahman et al. 2014).

Por lo anterior, el costo financiero debe ser eficazmente estimado y considerado en los costos indirectos de las obras. Resulta pertinente para los contratistas conocer con precisión los factores que afectan el comportamiento del costo financiero de sus proyectos, tales como las condiciones de pago pactadas en el contrato y las condiciones reales, para determinar flujos de egreso más realistas, que ayuden a tomar la decisión sobre si es conveniente para ellos aceptar esas condiciones.

Diversos estudios han identificado los factores que afectan a los pronósticos de flujo de efectivo, por ejemplo, Chen et al. (2005) considera que existen tres factores que lo afectan: el tiempo para recibir el pago del cliente, la frecuencia de pago a subcontratistas y la componente del pago para materiales y mano de obra; Park et al. (2005) consideran la duración del proyecto, las condiciones de retención, el tiempo para recibir el pago del cliente, los créditos convenidos con vendedores y proveedores, rentas de equipos y el tiempo de pago a subcontratistas. Hay autores que investigaron más variables, como Kaka y Lewis (2003), que estudiaron 20 variables que dividieron en variables características y variables de clasificación; Al-Issa y Zayed (2007), quienes identificaron 43 factores que afectan el flujo de efectivo y los dividieron en siete categorías; y Liu y Zayed (2009), quienes analizaron los 43 factores de Al-Issa y Zayed y concluyeron que la “administración financiera” era la categoría más importante. Adjei et al. (2018) analizaron el impacto de 12 factores significativos, entre otros: salarios de personal obrero y administrativo, duraciones de los pagos progresivos, tasa de interés de los bancos y sustitución de obra defectuosa.

Para pronosticar el flujo de efectivo, se han desarrollado diversos modelos. Los más populares se pueden dividir en dos: modelos matemáticos y modelos de integración de costo y tiempo. Los modelos de integración de costo y tiempo son más precisos porque utilizan

información más detallada que incluye costo y cantidad de los recursos, elementos constructivos, actividades, costo de subcontratistas, sobrecostos, un programa detallado y una lista de todos los recursos asociados con cada actividad. El mayor problema de este modelo es su requerimiento de gran laboriosidad (Navon, 1996).

Varios otros autores proponen modelos de flujo de efectivo como Kenley y Wilson (2006), que propone un modelo basado en una transformación logarítmica; Boussabaine y Elhag (1999), que aplican técnicas difusas para analizar el flujo de efectivo; y Jiang et al. (2011), que proveen un modelo que considera los típicos instrumentos bancarios, restricciones del mercado financiero, restricciones del presupuesto y retenciones, pero no incluye factores como retrasos en los pagos del cliente y penalizaciones en pagos demorados.

Los modelos mencionados presentan la desventaja de que el usuario tendría que aprender a programar alguno de estos sistemas, capturar los recursos, aplicar las condiciones para que puedan ser movidos en el tiempo, diseñar una rutina para el flujo de efectivo y realizar al análisis de financiamiento, lo que resulta muy complicado para un usuario común. En el ámbito local este problema se acentúa, porque la mayoría de las empresas constructoras abordan la planeación de obras de manera superficial, pues hay poca experiencia (González et al. 2008).

González et al. (2008) desarrollaron el modelo “sistema integral para la planeación y control de proyectos de construcción” para responder a las necesidades del escenario común que enfrentan las empresas constructoras de la región de estudio. Con estas ideas, en este estudio se plantea un modelo de análisis fundamentado en el método de flujo de efectivo, para evaluar con eficacia el impacto de un conjunto de factores que influyen en el costo financiero de las obras públicas.

El modelo se basa en la integración de costo y tiempo, para lograr un buen grado de precisión. Para disminuir el esfuerzo que requiere este tipo de modelos y lograr una aplicación práctica por parte de las empresas contratistas, se propone también un procedimiento que plantea la utilización de software *ad-hoc* y de la tecnología BIM de “Modelado de la Información para la edificación” (BIM), cuyo uso está en auge por la manera como ha facilitado los procesos de gestión de los proyectos de construcción (Eastman et al. 2011). Con apoyo en los modelos BIM es posible generar con rapidez y precisión los volúmenes de obra para asignárselos, junto con sus diversos recursos, a las diversas actividades del programa de obra durante la integración del costo y tiempo; es pertinente mencionar que el uso de la tecnología BIM ya es obligatorio en la obra pública en diversos países europeos, EUA, Chile, etc., y seguramente lo será en México también.

El procedimiento se probó en un edificio real con alto grado de complejidad, para determinar el costo financiero para diferentes combinaciones de factores, convenidos y reales (casos). Estos factores fueron investigados mediante encuestas a funcionarios de dependencias públicas y a directivos de empresas constructoras de la región de estudio. El resultado demostró que es factible y práctico evaluar la significancia de la variación del costo financiero para los diferentes casos, lo que induce una mejor toma de acciones y decisiones para las empresas constructoras.

Metodología

Modelo analítico

La primera parte de la metodología consistió en desarrollar un modelo de análisis con base en el método de flujo de efectivos y las ideas de González et al. (2008), García et al. (2004) y Alcudia (2002). Este modelo se muestra en la Figura 1.

El modelo propuesto debe tener como entrada un presupuesto de obra, un programa de obra y las condiciones contractuales (factores convenidos y reales). El presupuesto de obra está integrado por el catálogo, volumetría y precios unitarios de los conceptos de costo estimados sin el costo financiero, el cual es el objeto de estudio de este trabajo. Con esta información se debe asignar los recursos a las actividades, dándole mayor atención a los que consumen las actividades que la propia empresa va a desarrollar; los recursos que manejarán los subcontratistas se retiran del presupuesto y después se integran a la red como concepto de subcontrato, pues el detalle de su administración corresponde a las empresas subcontratistas. Los montos asignados deben coincidir con los recursos del presupuesto.

No es posible realizar estas operaciones sin el apoyo de software para la gestión de proyectos de construcción debido a la gran cantidad de información proveniente de los presupuestos. Estas herramientas deben facilitar la extracción de datos de los presupuestos, que generalmente son elaborados a través de otros softwares especializados de precios unitarios; es importante asegurar una buena interacción y compatibilidad de información entre softwares diferentes.

Para facilitar la realización de los análisis que se proponen en este estudio se contó con un software desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la UADY para fines académicos y disponible desde 2015. Esta herramienta, conocida como “Profin”, es capaz de: a) facilitar la elaboración de un programa de obra mediante una red de actividades; b) extraer automáticamente la información de los recursos de los presupuestos de obra elaborados en softwares comerciales de diferentes desarrolladores; c) facilitar la asignación de los recursos de los presupuestos a las actividades del programa de obra.

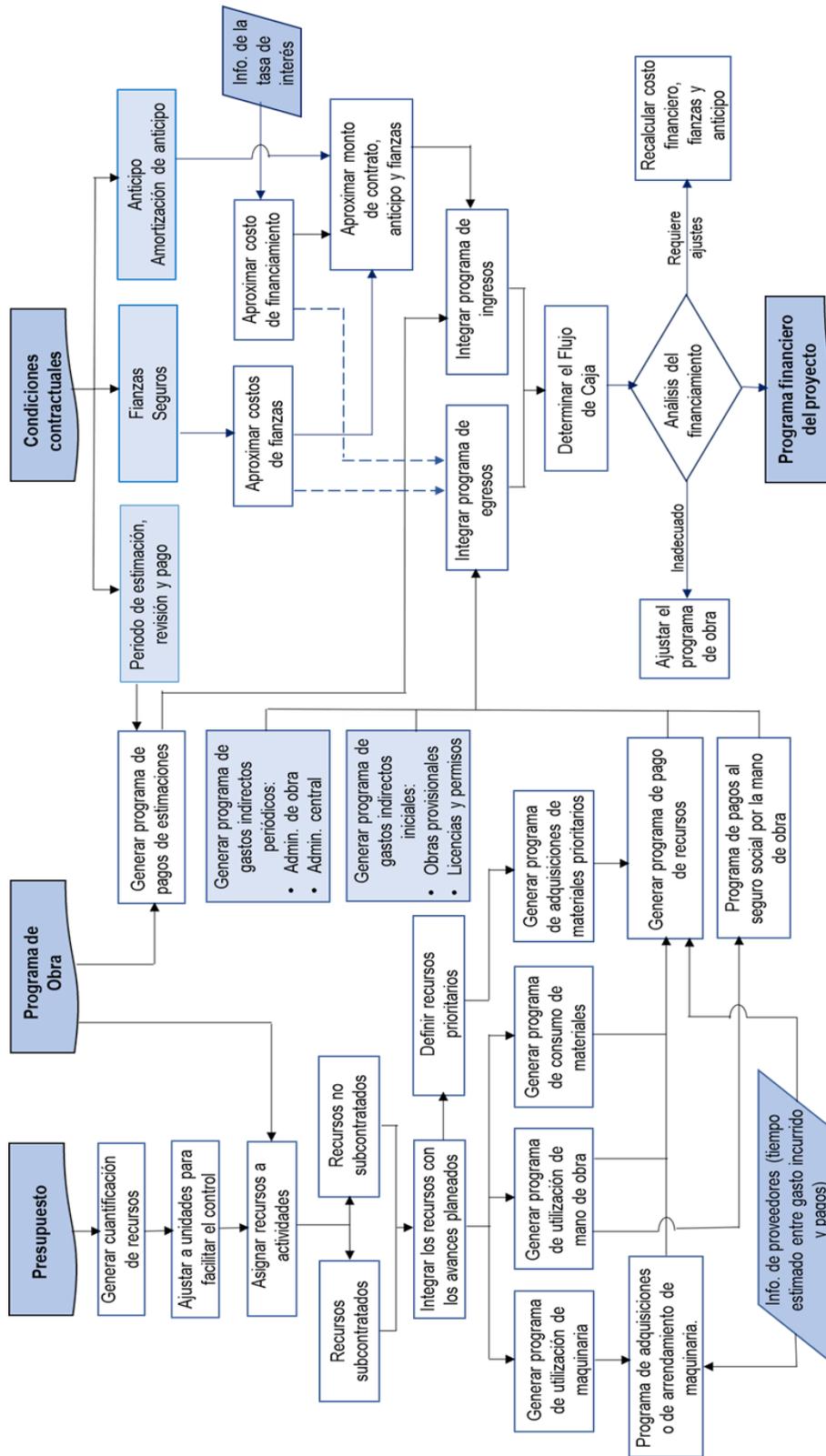


Figura 1. Modelo de Análisis presupuesto.

Fuente: elaboración propia con referencias de González et al. (2008), García et al. (2004) y Alcudia (2002).

A continuación, se elabora el cálculo del flujo de efectivo de la ejecución de la obra, que integra por un lado el programa de egresos, que incluye programas de pagos (nómina, materiales, maquinaria y subcontratos), información de créditos otorgados por proveedores, y un programa de gastos de indirectos; y por el otro lado, un programa de ingresos, que tiene como base las condiciones contractuales tales como anticipos, periodos de revisión y pago de estimaciones. Toda esta información constituye los factores convenidos y reales cuyo impacto será evaluado, y es indispensable para realizar las tareas y análisis que plantea el procedimiento del modelo de análisis propuesto.

Una vez hecho esto, el cálculo del financiamiento de la obra es sencillo; sólo se requiere contar con la tasa activa que cobran las instituciones financieras. Esta tasa se aplica en los meses (o periodos) en donde el flujo de efectivo resultó negativo, es decir, cuando el acumulado de egresos es mayor al acumulado de ingresos.

Para probar el modelo de análisis con una obra de edificación, se eligió un proyecto completo que proporcionó toda la información necesaria para llevar a cabo el ejercicio. Se obtuvo, gracias al Departamento de Construcción de la UADY, el proyecto ejecutivo (planos arquitectónicos y de ingenierías) y la base de datos del presupuesto a precios unitarios del edificio principal de la nueva Facultad de Contaduría y Administración de la UADY, que consta de 4 niveles y más de 2,500 m² de construcción. Se pudo contar, entre otros, con planos estructurales, de albañilería, de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, de cancelerías, por lo que fue un edificio idóneo para realizar el ejercicio.

Se decidió utilizar en el análisis, volúmenes generados a partir de un modelo BIM (siglas en inglés para Modelación de Información para la Construcción), que le daría mayor exactitud a

los volúmenes de obra, que se tienen que asignar a cada actividad del programa de obra. El procedimiento también permite utilizar métodos convencionales para generar volúmenes de obra, ya sea con una hoja de cálculo, o incluso a mano, y capturar el volumen obtenido.

Una de las razones principales para integrar el modelo BIM como elemento de información de entrada al análisis, es la facilidad del manejo de la información que se representa en un modelo virtual, y la posibilidad de desglosar en pequeños elementos un proyecto grande, como el que se utilizó. De no contar con un modelo virtual BIM, se tendría que invertir mucho más tiempo para lograr el nivel detalle y precisión en la asignación de datos que se busca mediante este estudio.

Se consideró conveniente, de ser posible, complementar el desarrollo del software Profin mencionado para que facilitara: a) la integración de la información de los volúmenes de obra generados con apoyo de un modelo BIM; b) la asignación de estos volúmenes y sus correspondientes recursos a las actividades de construcción; c) la modelación de las condiciones contractuales de la dependencia contratante; d) la modelación de algunas condiciones de pago pactadas entre contratistas y proveedores; e) el cálculo del flujo de efectivo más cercano a la realidad; f) la consideración de la tasa activa para financiamiento bancario g) el cálculo del costo financiera para una obra en particular. Es de mencionarse que todas estas operaciones pueden realizarse con el apoyo de una hoja de cálculo exclusivamente, pero se facilitaría su manejo con un software que las incluyera.

Recolección de datos de campo

La segunda parte de la metodología consistió en obtener los factores que afectan el costo financiero de los contratos de obras públicas. Mediante la revisión de la literatura se identificó los factores que afectan al

financiamiento y luego se acudió a cuatro dependencias del sector público que realizan obras de edificación, para obtener información acerca de sus condiciones contractuales y de pago, que se llamaron “factores convenidos”. Por otra parte, también se acudió con los contratistas que trabajan para dichas dependencias, con objeto de obtener los periodos de estimación y cobro reales a los que se ven sometidos, así como los tipos de créditos que obtienen con proveedores y la banca, a los que se les llamará “factores reales”.

Para la obtención de esta información se optó por utilizar como instrumento una entrevista guiada, que permitiera interactuar de manera directa con los entrevistados y facilitar con esto la aclaración de dudas. En apoyo a las entrevistas se desarrollaron sendos cuestionarios para ambos tipos de entrevistados. Las preguntas se diseñaron para obtener la información necesaria para analizar los ingresos y egresos para el cálculo del flujo de efectivos, es decir, para recabar los datos que servirían de entrada al modelo analítico.

Para los factores convenidos se entrevistó a altos directivos de cuatro dependencias que se encargan de desarrollar y licitar proyectos públicos: la Secretaría de Obras Públicas del Estado de Yucatán (SOP), el Instituto para el Desarrollo y Certificación de la Infraestructura Física Educativa de Yucatán (IDFEY), la Dirección de Obras Públicas del Ayuntamiento de Mérida (OP Ayuntamiento) y la Coordinación de Proyectos y Construcciones de la Universidad Autónoma de Yucatán (Construcciones – UADY). Todas cumplían con la característica de haber realizado obra de edificación en el momento de la investigación.

Para los factores reales, la población analizada fue determinada de una muestra de empresas contratistas del padrón de empresas constructoras que obtuvieron contratos con las dependencias antes mencionadas, con montos superiores al equivalente de 1 millón de pesos

mexicanos o 60,000 dólares. Se entrevistó cara a cara a directivos de 21 empresas, seleccionadas aleatoriamente de las 47 empresas del padrón que cumplieran con los requisitos.

Casos de análisis

Con los resultados de las encuestas ya procesados, se obtuvo el valor de los factores convenidos y reales. Esto permitió contar con la información necesaria para aplicar el modelo de análisis propuesto a una obra de edificación real en diferentes situaciones o casos, y de esta manera poder evaluar el impacto de los grupos de factores más importantes. A continuación, se muestra las diferentes combinaciones de factores, agrupados en casos.

Caso 1. En este caso se analizó el mejor escenario para los costos financieros que se puede esperar, de acuerdo con las condiciones contractuales de las dependencias incluidas en el estudio. Estas condiciones de ingreso para los contratistas corresponden a las dependencias IDFEY y UADY, las cuales se comportan de manera similar, por lo que las condiciones de las dos son representadas en este caso. Para el caso de los egresos se consideró dos situaciones: a) una distribución desfasada de pagos considerando las condiciones de crédito de los proveedores (caso 1A-DD o distribución desfasada de pagos), y b) distribución uniforme del pago de los recursos o “cómo se consume”, de acuerdo con las duraciones de las actividades (caso 1B-DU o distribución uniforme de pagos).

Caso 2. Se analizó el escenario intermedio en cuestiones de ingreso para los contratistas, lo que sucede con la dependencia Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado. Para el caso de los egresos, también se estudió las dos situaciones como en el caso 1, 2A-DD y 2B-DU.

Caso 3. Se analizó el peor escenario que se puede tener en relación con los costos

financieros, de acuerdo con las condiciones de ingreso de los contratos de Obras Públicas del Ayuntamiento de Mérida. Para el caso de los egresos también se estudió las situaciones 3A-DD y 3B-DU.

Caso 4. Se analizó un escenario hipotético, el cual se presentaría cuando una dependencia tardara en pagar el anticipo a 3 meses de iniciada la obra, y con distribución de pago de recursos de manera uniforme, ya que se considera que es la más desfavorable, al no tomar en cuenta la ayuda que pueden proporcionar los créditos con proveedores.

Caso 5. En este caso se planteó el escenario hipotético en cual la dependencia no proporciona anticipo, y se paga las estimaciones a los tres meses, como en el Caso 3. Lo que se busca es evaluar el impacto económico que tendría un contratista al financiar prácticamente toda la obra. Este escenario podría darse en la realidad, principalmente en obra privada.

En este contexto, se entiende por “estimación” a la solicitud de cobro progresivo por parte del constructor a la dependencia pública; consiste en un conjunto de documentos y trámites que sustentan el avance de la obra en un periodo de tiempo permitido por las dependencias. Los tiempos de elaboración, tramitación, aprobación y pago de cada “estimación” son diferentes en función de las condiciones contractuales y políticas de pago de las

dependencias públicas y de las prácticas de cobro de los constructores. Se observó el impacto en el flujo de efectivo de las diferentes duraciones cobro/pago de las dependencias públicas.

También se observó el efecto de las prácticas de pago de los contratistas a sus proveedores al considerar las condiciones DD y DU. Cuando se contrasta las formas que se utilizan para modelar el pago de los recursos, se pretende determinar la magnitud de su impacto en el flujo de efectivo y saber si estas condiciones son significativas en el costo financiero.

Resultados

Cuestionario a dependencias que administran obra pública

Los resultados que se muestran en la Tabla 1 fueron obtenidos de los cuestionarios aplicados durante las entrevistas con los directores de las 4 dependencias que administran obras públicas incluidas en este estudio. Estos resultados corresponden a los factores convenidos que impactan el costo financiero de las obras.

Cuestionario a empresas constructoras

En la Figura 2 se puede observar el porcentaje de las empresas entrevistadas que contratan con las 4 dependencias analizadas. La mayoría de estas 21 empresas participan en licitaciones y contratan con más de una de las cuatro dependencias públicas analizadas.

Tabla 1. Resumen de factores convenidos

Factores	SOP – Gobierno del Estado	IDEFY – Gobierno del Estado	Obras Públicas – Ayuntamiento de Mérida	Proyectos y Construcciones - UADY
a)Anticipo	30% y hasta 50%	30%	30%	30% y 50% en compras especiales

b)Periodicidad estipulada de estimaciones	30 días	30 días	30 días	15 días
c)Ingreso de estimaciones	1 a 4 meses	1 a 1 1/2 meses	1 vez al mes	1 vez al mes
d)Tiempo de revisión de estimaciones	10 días	7 días	10 días	7 días
e)Tiempo de pago	15 días	3 a15 días	20 días	15 días
f)Fianzas	Anticipo 100%, cumplimiento 10%, garantía y vicios ocultos 10%	Anticipo 100%, cumplimiento 10%, garantía y vicios ocultos 10%	Anticipo 100%, cumplimiento 10%, garantía y vicios ocultos 10%	Anticipo 100%, garantía y vicios ocultos 10%
g)Retenciones	5% del monto de los trabajos no ejecutados a la fecha de corte.	3% del monto de los trabajos no ejecutados a la fecha de corte. 0.03% por día de atraso de la obra	5% del monto de los trabajos no ejecutados a la fecha de corte. 0.02% por día de atraso de la obra	0.01% del monto de la obra por día de atraso

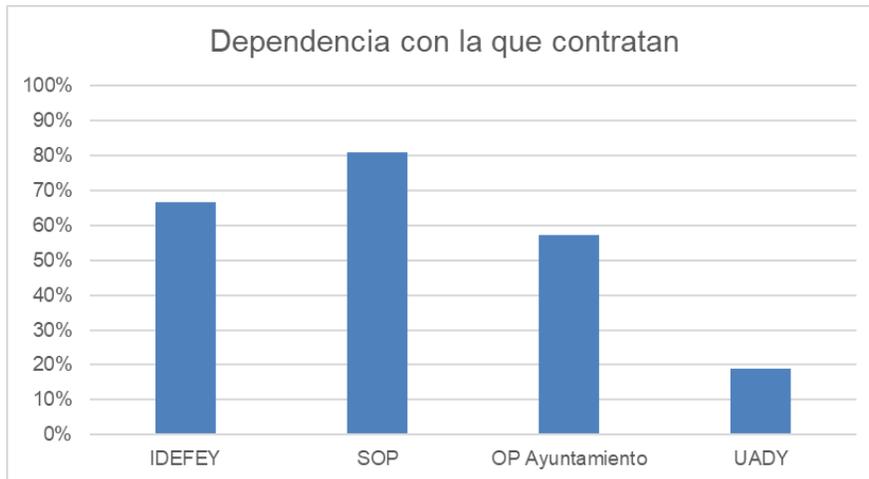


Figura 2. Dependencias con las que contratan las empresas constructoras entrevistadas.

En la Tabla 2 se observa la información proporcionada por los constructores para determinar la periodicidad real de los pagos progresivos por los avances parciales de las obras. El periodo de pago se entiende como el

tiempo de desfase entre el avance parcial de la obra que se incluye en una “estimación” y el ingreso real al constructor por el pago de esa estimación.

Tabla 2. Información para determinar los períodos de pago por dependencia.

Periodicidades y tiempos	IDEFEY	SOP	OP Ayuntamiento	UADY
Periodicidad que permite la dependencia ingresar una estimación para cobro	15	15	30	15
Periodicidad de ingreso de estimación para cobro	15	30	30	15
Tiempo de revisión de generadoras por parte de la supervisión	7	15	15	7
Tiempo de revisión de estimación, firma y autorización	7	15	15	7
Tiempo de pago cuando la estimación ya fue autorizada para pago	7	30	30	15

Debido al efecto que los periodos reales de pago progresivo pueden tener en la liquidez y en el costo financiero, y considerando que los periodos no solo dependen de las condiciones contractuales y políticas de las dependencias, sino también de las prácticas reales de cobro y pago, se les cuestionó a los constructores si se atrasan en ingresar las estimaciones y las principales razones de las demoras. Los constructores pudieron manifestar más de una razón; del conjunto de respuestas se obtuvieron los siguientes resultados: retrasos en la elaboración de las estimaciones (23%); correcciones solicitadas a los números generadores que respaldan las estimaciones

(19%); falta de coordinación entre el supervisor de las dependencias y el residente del constructor (20%); retrasos de los supervisores (18%); conciliación de volúmenes y conceptos de obra adicional (12%); cambios en el proyecto (8%).

En la Tabla 3 se muestra, de acuerdo con las respuestas de los contratistas, los materiales más importantes de la obra ya que su costo impacta el 80% del costo total de los materiales, así como los días de crédito que, en la mayoría de los casos, otorgan los proveedores.

Tabla 3. Relación de material de mayor impacto en el presupuesto y tiempo de crédito.

	Material	Días de crédito
1	Acero	30
2	Cemento	30
3	Madera	Contado
4	Concreto Premezclado	30
5	Agregados pétreos	30
6	Block	30
7	Viguetas	30

8	Cal	30
9	Pegazulejo	30
10	Porcelanato	Contado
11	Malla electrosoldada	30
12	Cable eléctrico	30
13	Lámparas	30
14	Muebles sanitarios	30

Este listado de materiales fue considerado en este estudio como materiales prioritarios, o sea que son a los que más atención requieren para conseguir las mejores condiciones de crédito posible, y de esta manera mejorar la liquidez de la empresa y disminuir el costo financiero en caso de ser necesario.

Aplicación del procedimiento

Para evaluar el impacto de los factores que influyen en el costo financiero, se aplicó un procedimiento basado en el modelo de análisis a una obra de edificación real, con diferentes situaciones o casos, como se describió en la metodología. La obra fue seleccionada por tratarse de una obra grande y tener acceso a los planos, especificaciones y presupuesto de construcción, .

Además de la información anterior, fue necesario elaborar un programa de obra, generadoras de volúmenes de obra y contar con las condiciones contractuales de las dependencias contratantes, a partir de las encuestas realizadas. Adicionalmente, para coincidir con el entorno, los contratistas pueden ingresar en el análisis sus prácticas reales de cobro, los tiempos reales de pago de las dependencias y los tiempos de pago y condiciones contractuales de sus proveedores; esta información fue la obtenida en las encuestas.

Para hacer más fácil el manejo de información, se utilizó el software “Profin” mencionado antes, el cual fue diseñado para facilitar la

planeación detallada de una obra. La herramienta permite elaborar programas de obra complejos e integrarlos con presupuestos preparados en otros softwares, es decir, su función original es integrar costo y tiempo. Para esta investigación, se modificó para incrementar funciones que hicieran más fácil la aplicación del modelo de análisis financiero propuesto.

Con las modificaciones realizadas al software “Profin”, además de la integración del presupuesto y el programa de obra, la herramienta permite ahora la compatibilidad y manipulación de modelos BIM. También permite ahora ingresar los factores que impactan en el financiamiento (anticipo, periodicidad de estimaciones, tasas de interés, créditos con proveedores entre otros), así como realizar corridas financieras y calcular el costo financiero.

El modelo BIM de este edificio se elaboró en el software Revit de Autodesk. Se modelaron los elementos estructurales como zapatas, dados, columnas, losas, muros, losas y estructura metálica como se ilustra en la Figura 3. También se modelaron elementos arquitectónicos como ventanas, puertas, plafones etc., y las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y pluviales.

A continuación, se describe el procedimiento que se llevó a cabo para obtener los resultados de este estudio.



Figura 3. Modelo BIM del edificio de prueba.
Fuente: elaboración propia a partir de planos en CAD.

1. Contar con un presupuesto con análisis de precios unitarios, de donde se obtendrán la cuantificación de los recursos.
2. Ajustar unidades de recursos que faciliten el control de obra, donde se requiera. Ejemplo: cemento en toneladas a cemento en sacos de 50 kg.
3. Elaborar un programa de obra detallado, utilizando un método de programación por

medio de redes. En este trabajo se utilizó el Método de Diagrama de Precedencias por la flexibilidad que proporciona al poder utilizar cuatro tipos de relaciones entre actividades y cualquier número de relaciones entre ellas. Este programa fue realizado con la ayuda de la herramienta Profin y se puede observar una vista en la Figura 4.

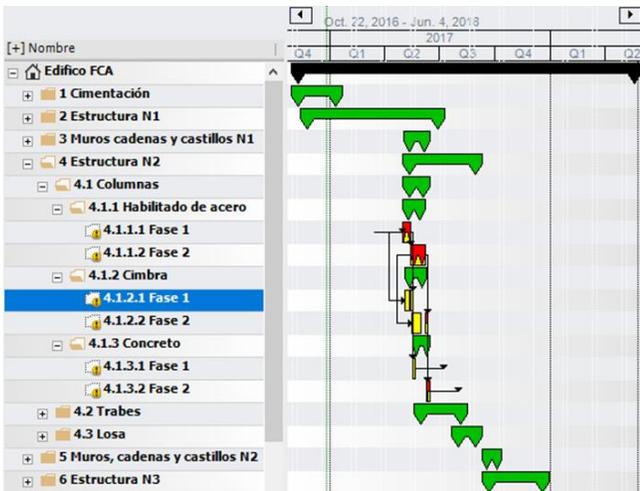


Figura 4. Vista del programa de obra en el software Profin
Fuente: elaboración propia

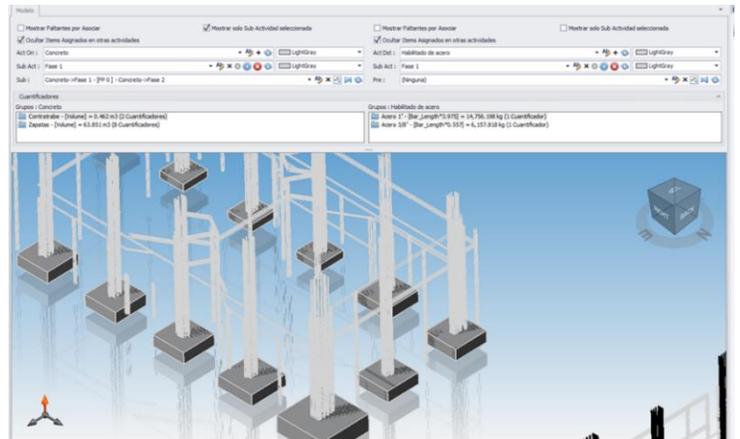


Figura 5. Asignación de elementos BIM a las actividades
Fuente: elaboración propia

4. Asignar volúmenes de obra a las actividades. Los volúmenes de obra, provenientes del modelo BIM o de una hoja de cálculo, se tienen que asignar a sus actividades correspondientes. Para esto se crea un cuantificador de obra en la actividad y se le asignan los elementos BIM. El cuantificador puede extraer las propiedades que se requieran del modelo (longitud, área, volumen, peso, etc.). La Figura 5 se muestra una vista de los elementos BIM que son asignados a las actividades con sus cuantificadores (volumen para concreto y peso para el acero).

5. Asignar recursos las actividades. La herramienta Profin apoya en la asignación de los conceptos de costo a las actividades; estos conceptos están compuestos por recursos (materiales, mano de obra, herramienta, etc.). En el apartado de presupuesto se seleccionan los conceptos que se quieren asignar y en seguida se utiliza el comando “asociar el concepto seleccionado a la actividad” como se muestra en la figura 6.

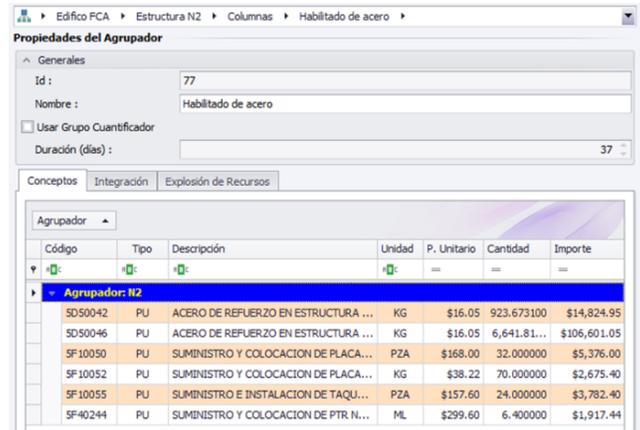
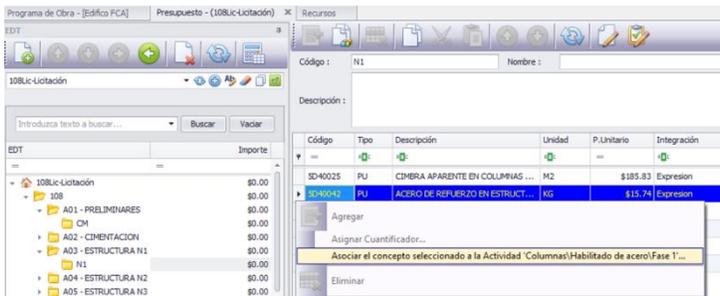


Figura 6. Asignar de conceptos de costo Actividades.

Fuente: elaboración propia

Figura 7. Conceptos asociados a la Actividad

Fuente: elaboración propia

6. Integrar los volúmenes de obra con los conceptos de precios unitarios. Una vez que los conceptos ya estén asociados a las actividades, ver Figura 7, automáticamente sus recursos también lo están. Se integran los cuantificadores, que vienen ya sea del modelo BIM o de una hoja generadora con los recursos, como se muestra en la Figura 8, y de forma automática la herramienta nos arroja una cuantificación de recursos que se van a utilizar para cada actividad, como se muestra en la Figura 9.

caso de la estructura metálica, instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, que en la realidad su administración de recursos se manejó de manera independiente por otra empresa. Se procedió a crear las actividades correspondientes a los subcontratos, y en lugar de asignarles recursos provenientes de un presupuesto a las actividades, se crea un recurso nuevo y se captura el costo total de la partida subcontratada. Este nuevo recurso se asigna directamente a la actividad del subcontrato y de esta manera los subcontratos entran al análisis de forma global.

7. Para el caso de las partidas que se decidió manejar como subcontratos, como fue el

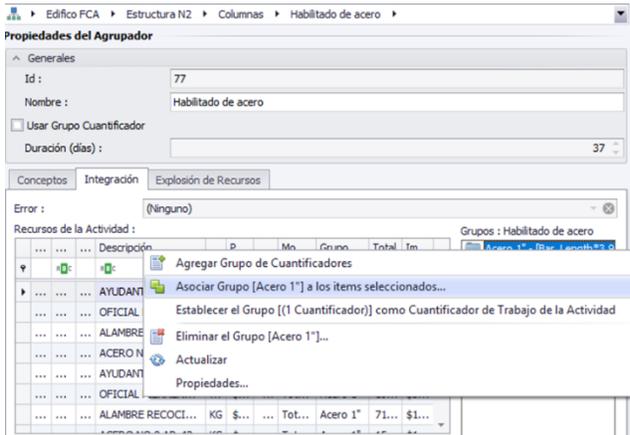


Figura 8. Integración de los volúmenes de obra con los recursos.
Fuente: elaboración propia.

Código	Tipo	Descripción	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	% Tipo	% Total
1E395	MAT	TAQUETE KWIK BOLT 3/8"	PZA	\$15...	12.000000	\$1,800.00	0.6767 %	0.5100 %
7COLACER	SUB	SUMINISTRO Y MONTAJE D...	KG	\$28...	178.015000	\$4,984.42	100.00...	1.4123 %
1D057	MAT	ALAMBRE RECOCIDO # 16	KG	\$14...	971.068300	\$14,37...	5.4034 %	4.0721 %
2A013	MDO	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$27...	135.949562	\$37,60...	45.880...	10.6561 %
2A004	MDO	OFICIAL FERRERO/HERRERO	JOR	\$32...	136.429562	\$44,36...	54.119...	12.5697 %
1D039	MAT	ACERO NO 3 AR-42	KG	\$12...	5,302.01...	\$64,94...	24.419...	18.4027 %
1D043	MAT	ACERO NO 8 AR-42	KG	\$12...	15,090.4...	\$184,8...	69.500...	52.3772 %

Figura 9. Cuantificación de recursos de la actividad
Fuente: elaboración propia.

8. Definir materiales prioritarios. Son aquellos que representan el 80% del monto total de los materiales y se pueden ver en la Tabla 3. Una vez identificados estos materiales, se les asignan posibles proveedores. El programador captura la información de interés del proveedor como:
 - a) el número de días de crédito, si es que lo ofrece
 - b) número de días de entrega. Esto permite desfasar la distribución de recursos de una manera más realista.
9. Programar los gastos indirectos iniciales como las obras provisionales, licencias y permisos, asignando a una actividad su costo asociado.
10. Programar costos indirectos periódicos, como lo son la administración de oficina de obra y administración de oficina central, asignando a una actividad su costo asociado.
11. Capturar la información de las condiciones contractuales o factores convenidos como porcentaje de anticipo, periodos de estimación y periodos de pago, en los campos correspondientes.
12. Capturar el factor de sobrecosto esperado en su campo designado. Para este caso solo se consideró la utilidad, ya que los costos indirectos se asignaron a actividades para su programación.
13. Capturar la información financiera, como la tasa de interés activa y la periodicidad del análisis financiero. Para este estudio se utilizaron periodos quincenales.
14. Determinar el flujo de caja y costo financiero. Esta acción se realiza de manera automática con la ayuda de la herramienta Profin, debiendo contar con toda la información descrita capturada y cargada previamente. Se procede a ejecutar el comando “generar flujos”. El resultado es

una corrida financiera y el cálculo de costo financiero, que se puede enviar a una hoja de cálculo.

Corridas financieras

En la Tabla 4 se presentan los resultados de cada combinación de factores planteados en la metodología. El Caso 1 corresponde a las condiciones de las dependencias IDEFEY y

UADY, el Caso 2 a las de la Secretaría de Obras Públicas, el Caso 3 a las de Obras Públicas del Ayuntamiento de Mérida, el Caso 4 corresponde a un escenario en donde el anticipo se demora 3 meses para pagarse y el Caso 5 a un escenario en donde no se cuenta con anticipo; DD y DU significan una distribución desfasada o distribución uniforme de pagos a proveedores respectivamente.

Tabla 4. Resultados de las corridas financieras

Datos de entrada	CASO 1.A-DD	CASO 1.B-DU	CASO 2.A-DD	CASO 2.B-DU	CASO 3.A-DD	CASO 3.B-DU	CASO 4 DU	CASO 5 DU
Anticipo	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30% 90 días después	0%
Días entre estimación	30 días	30 días						
Días de revisión para pago de estimación	35 días	35 días	60 días	60 días	90 días	90 días	90 días	90 días
Resultados								
Costo Financiero	\$13,870.74	\$18,720.38	\$20,473.20	\$21,480.85	\$34,635.71	\$72,134.07	\$308,082.10	\$561,341.97
% Financiamiento	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%	0.14%	0.29%	1.17%	2.24%
% Utilidad	6.50%	6.50%	6.50%	6.50%	6.50%	6.50%	5.00%	5.00%

Es posible mostrar gráficamente la liquidez (ingresos menos egresos) para cada corrida financiera. A manera de ejemplo se muestra, en la Figura 10 el caso 2.A-DD, y en la Figura 11 el Caso 5, que representan los casos más favorable y desfavorable respectivamente, en

cuanto al porcentaje de financiamiento. Se asumió que cuando los egresos (línea roja) son mayores o se encuentran por arriba de los ingresos (línea azul), se requiere financiamiento.

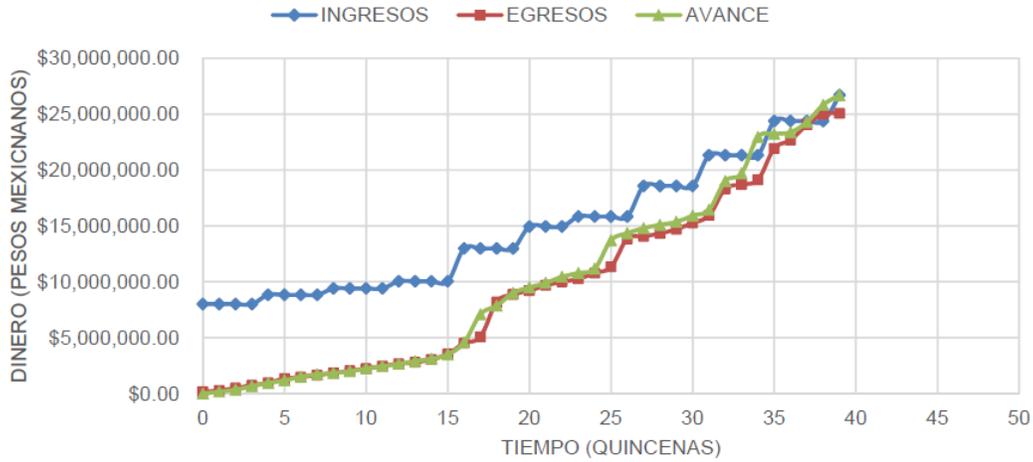


Figura 10. Liquidez para el Caso 1.A con distribución desfasada de recursos
Fuente: elaboración propia

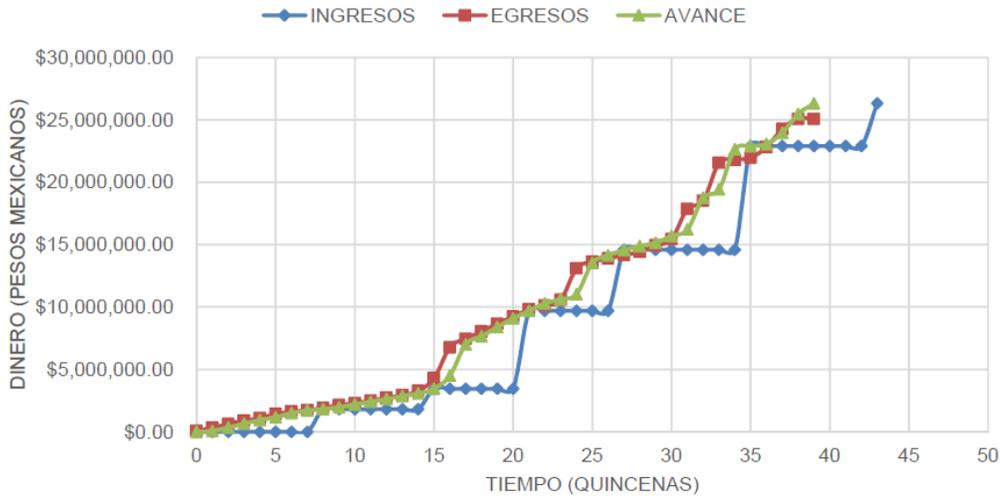


Figura 11. Liquidez para el Caso 5.
Fuente: Elaboración propia.

Discusión

En los casos 1, 2 y 3 no se tiene problema de liquidez sino hasta cerca del final de obra. Aunque no es significativo el impacto del costo financiero, es de gran importancia saber cuándo es necesario tener que contar con el financiamiento, para procurar la adquisición de

un crédito en una institución financiera. Con la ayuda de este análisis se puede contar con esa información.

En estos casos 1, 2 y 3 se observa una significativa disminución del costo financiero si se considera una distribución desfasada (DD)

de los pagos a los proveedores en comparación con la distribución uniforme (DU). De acuerdo con Castillo (2000), los proveedores se han convertido en una de las principales fuentes de financiamiento para los contratistas.

Para los casos más desfavorables 4 y 5, como se muestra en la Tabla 4, el costo financiero es un factor crítico que se debe analizar con detalle. Si no se toma en cuenta para elaborar un presupuesto de obra, el costo financiero puede disminuir considerablemente la utilidad e incluso llegar a ocasionar pérdidas financieras. El costo financiero para el Caso 5 que es de \$561,342 contrasta sustancialmente con el costo financiero para el Caso 1.A-DD que es sólo de \$13,871.

En general en los casos 1, 2 y 3 no presentaron problemas de liquidez porque el anticipo ayudó en gran medida a evitarlo. En cambio, en los casos 4 y 5 se demostró que el anticipo es un factor sensible y de gran impacto en el costo financiero.

En este estudio se consideró que el anticipo se iba erogando a medida que se iban consumiendo los recursos; esto en la realidad no sucede así. Es común que los contratistas otorguen anticipos a sus subcontratos y a sus principales proveedores de materiales para asegurar precios y evitar alzas por inflación, es decir, el anticipo se eroga con mayor velocidad. Este tipo de práctica es recomendable en obras grandes y de larga duración, sin embargo, podría dar como resultado “pronósticos de flujo de efectivo” más críticos y costos financieros más elevados. El efecto del uso del anticipo en el análisis financiero de una obra puede ser motivo especial de estudio, en el que el procedimiento y la herramienta desarrollados en este trabajo pueden ser de gran ayuda.

Otro factor que demostró tener un impacto considerable es la periodicidad y la demora del cobro de estimaciones por los avances de los trabajos. En este estudio se encontró que es

muy común que las empresas de la región se demoren en cobrar sus estimaciones; se observa que el 62% de las causas por las que los contratistas tardan en ingresar estimaciones para cobro son imputables a la falta de organización de sus empresas. Sumado a esto, algunas dependencias de gobierno se demoran más de lo convenido en hacer efectivo el pago, una vez que la estimación ya fue revisada y aprobada. El efecto del pago periódico de las estimaciones por avance de los trabajos se puede representar con facilidad en el modelo de análisis propuesto.

En todos los casos de la metodología, se utilizó el mismo programa de obra con primeras fechas. Sería de interés evaluar en otro estudio el impacto financiero que se tendría al programar las actividades con últimas fechas, cambiar duraciones o mover en el tiempo ciertas actividades, aprovechando las holguras. Alavipour y Arditti (2018) plantearon un modelo que optimiza el programa financiero de la obra generado a partir de un programa CPM, considerando estos factores; Ahmed M.H et al (2014) estudiaron el impacto de cambiar el inicio de las actividades en la liquidez de las constructoras usando un modelo de simulación. Dichos casos serían muy sencillos de modelar teniendo la herramienta y la metodología que se plantea en este estudio.

Navon (1996) planteó que el mayor problema de los modelos de integración costo - tiempo para los análisis financieros es el tiempo que consume la asociación de recursos del presupuesto a las actividades del programa de obra. Este tiempo se reduce considerablemente implementado el uso de modelos BIM y la herramienta Profin, aunque es de reconocerse que aun así se requiere de esfuerzos significativos, lo cual se ve compensado al tener información mucho más detallada para la acertada toma de decisiones.

Conclusiones

La metodología y la herramienta propuestas pueden coadyuvar con la planeación detallada de proyectos; la facilidad para integrar los recursos a las actividades permite realizar programas de suministros y programas de pagos en un entorno dinámico y flexible, que puede irse actualizando a lo largo de la ejecución de la obra. La automatización de las tareas de cuantificación de los recursos a través de la metodología BIM, para cada periodo de ejecución, facilita el trabajo de procuración para los proyectos de construcción.

La metodología permitió reflejar las diferentes condiciones contractuales tales como anticipos, tiempos de estimación y de pago, el programa de obra real, así como los créditos con proveedores, en el cálculo del costo financiero

del proyecto. Sin embargo, con la metodología y herramienta propuesta también se podría analizar el impacto de otros factores que no se estudiaron en esta investigación, tales como el impacto de los atrasos en los pagos por parte del cliente y el uso de diferentes programas de obra.

Finalmente, el modelo de análisis propuesto y su herramienta pueden facilitar el análisis de riesgos al permitir variar con facilidad los factores, tanto internos como externos, que afectan el financiamiento de proyectos que son muy dependientes de su flujo de efectivo. Esto también es cierto para el caso de imponderables, en donde una vez ya iniciada la obra, y habiendo retrasos por contingencias imprevisibles, es posible cuantificar el impacto financiero de los atrasos en los pagos.

Referencias

Adjei, Emmanuel A-G., Fugar Frank D. K., Adinyira Emmanuel, Edwards David J., Parn Erika A. (2018). *Exploring the Significant Cash Flow Factors Influencing Building Projects Profitability in Ghana*. International Journal of Construction Engineering and Management, 7(1): 35-46. DOI: 10.5923/j.ijcem.20180701.04

Alavipour, R., and Arditi, D. (2018). *Optimizing Financing Cost in Construction Projects with Fixed Project Duration*. "Journal Construction Engineering and Management". ASCE, 144(4), pp. 04018012-1–04018012-13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001451](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001451)

Abdul-Rahman H., Kho M., Wang C. (2014). *Late Payment and Nonpayment Encountered by Contracting Firms in a Fast-Developing Economy*. "Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice" ASCE 140(5) pp.131-139. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000189](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000189)

Ahmed M.H, Zayed T., Elazouni A. (2014). *Assessment of the Impact of changing Activities' start times on Cash-Flow Parameters*. International Journal of Advanced Robotics and Automation 3(2):1-16. DOI: 10.15226/2473-3032/3/1/00137

Al-Issa, A. and Zayed, T. (2007). *Projects cash flow factors-contractor perspective*. "Construction Research Congress" (CRC), ASCE, Bahamas, Mayo 5-8.

Alcudia V. C. (2002). *Propuesta de un sistema integral de planeación y control de proyectos de construcción en Yucatán*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Boussabaine A., Elhag T. (1999). *Applying fuzzy techniques to cash flow analysis*. "Construction Management and Economics" (17) pp. 745-755. <https://doi.org/10.1080/014461999371088>

Castillo Alejandro, (2000). *Pilas a la Nueva Banca*, "Expansión" (México), Abril 2000, núm. 788, pp. 46-54.

Chen, H., O'Brien, W. J., and Herbsman, Z. J. (2005). *Assessing the Accuracy of Cash Flow Models: The Significance of Payment Conditions*. "Journal Construction Engineering and Management". ASCE-, Vol. 131(6), PP. 669-676. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:6\(669\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:6(669))

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons.

El-Kholy A. M. (2014), *A multi-objective fuzzy linear programming model for cash flow management*, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 8 (Version 3), pp.152 - 163.
http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue8/Version%203/W4803152163.pdf. [Accessed July, 2017].

García C., Zaragoza N., Pech. (2004). *Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis de financiamiento de las obras que incluyan las obligaciones tributarias y las condiciones de pago a proveedores*. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería UADY (México), 8-2, 2004, pp. 81-90.

González F. José; Zaragoza G., Nicolas; Alcudia V., Carlos; Díaz R. José.(2008). *Sistema Integral para la Planeación y Control de Proyectos para las PYMES de construcción*. Memorias del 1er. Congreso Administración y Tecnología para la Arquitectura, Diseño e Ingeniería. División de Ciencias y Artes para el Diseño. Universidad Autónoma Metropolitana. Plantel Azcapotzalco. México D.F., Octubre 9-11 2007, publicado Junio 2008, pp. 81-108.

Jiang A., Issa R., Malek M. (2011). *Construction Project Cash Flow Planning Using the Pareto Optimally Efficiency Network Model*. "Journal of Civil Engineering and Management", ASCE 17 (4), pp 510-519. DOI:[10.3846/13923730.2011.604537](https://doi.org/10.3846/13923730.2011.604537)

Kaka, A., Lewis, J. (2003). *Development of a company-level dynamic cash flow forecasting model (DYCAFF)*. "Journal Construction Management and Economics" ASCE, Vol. 21(7), PP. 693-705.

Kenley R., Wilson O. (2006). *A construction project net cash flow model*. "Construction Management and Economics" (7), pp 3-18. <https://doi.org/10.1080/014461989000000002>

Liu, Y., Zayed, T., and Li, S. (2009). *Cash Flow Analysis of Construction Projects*. "Canadian Society of Civil Engineering (CSCE) Conference", St. John's, Newfoundland, Canada, Mayo 27-30, ICS-201.

<https://pdfs.semanticscholar.org/72b1/55e3c8543315719e6517c2e549560f7fa55b.pdf>.

Mahamid I. (2012), *Factors affecting contractors' business failure: contractors' perspective*, engineering, Construction and Architectural Management, 19:3, pp 269-285. <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211219607>.

Mohsin M. A., Al-Nuaimi A., Tobi S. A. (2014), *Contractual implications of cash flow on owner and contractor in villa construction projects*, International Journal of Research in Engineering and Technology, 3:4, pp. 442-447. <http://dx.doi.org/10.15623/ijret.2014.0304079>

Navon, R. (1996). *Company-level cash-flow management*. "Journal Construction Engineering and Management", ASCE 122(1),pp. 22–29. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1996\)122:1\(22\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1996)122:1(22))

Park H., Han S., Russell J. (2005). *Cash Flow Forecasting Model for General Contractors Using Moving Weights of Cost Categories*. "Journal of Management in Engineering", ASCE 21(4) pp 164-172. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2005\)21:4\(164\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2005)21:4(164))

Vargas Rubio, Paola (24 de abril de 2020). *México tiene la tasa de interés más alta de las naciones de la Alianza del Pacífico*. La República <https://www.larepublica.co/globoeconomia/mexico-tiene-la-tasa-de-interes-mas-alta-de-las-naciones-de-la-alianza-del-pacifico-2996856>

Yang, H., and Chang, C. (2013). *A two-warehouse partial backlogging inventory model for deteriorating items with permissible delay in payment under inflation*. "Appl. Math. Modell", 37(5), 2717–2726. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.05.008>