



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN
UNA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE
CONCRETO REFORZADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LOS
COSTOS DE EJECUCIÓN**

Dacio González Avila

Asesorado por Mtro. Sergio Manuel Rodas Olivares

Guatemala, enero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN
UNA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE
CONCRETO REFORADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LOS
COSTOS DE EJECUCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DACIO GONZÁLEZ AVILA

ASESORADO POR MTRO. SERGIO MANUEL RODAS OLIVARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO A.I.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Avila
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN UNA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE CONCRETO REFORZADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado (Escuela de ingeniería Civil), con fecha (21 de octubre de 2023).

Dacio González Avila



EEPFI-PP-1875-2023

Guatemala, 21 de octubre de 2023

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN UNA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE CONCRETO REFORZADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACION DE LOS TIEMPOS EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Sistemas de modelos de gestión**, presentado por el estudiante **Dacio Gonzalez Avila** carné número **200915160**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Sergio Manuel Rodas Olivares
Asesor(a)

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual

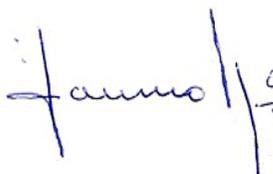




EEP-EIC-1665-2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN UNA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE CONCRETO REFORZADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACION DE LOS TIEMPOS EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Dacio Gonzalez Avila**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, octubre de 2023





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.73.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROCESO EN UNA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN EDIFICIO DE 12 PISOS CON MUROS DE CONCRETO REFORZADO Y ANÁLISIS DE LA VARIACION DE LOS TIEMPOS EN LOS COSTOS DE EJECUCIÓN**, presentado por: **Dacio Gonzalez Avila** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 28/01/2024 11:14:36
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, enero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 73 CUI: 1894747180101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme guiado y dado sabiduría para cumplir mis objetivos.
- Mis padres** Quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han dado todas las herramientas necesarias para poder cumplir esta meta.
- Mi hermano** Por su apoyo y consejos durante las etapas más complicadas de mi vida.
- Mis abuelos** Tanto por su apoyo, así como por haber sido un ejemplo a seguir (q.e.p.d.).
- Mis amigos** Por su incondicional apoyo y compañía durante las horas de estudio y trabajo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme acceso a una educación superior que me permitió llenarme de conocimientos para realizar este trabajo de graduación.

Mis amigos

Por haberme acompañado y brindado apoyo durante toda la carrera, quienes sin egoísmo me ayudaron y compartieron sus conocimientos.

Ingenieros

Por haber sido un ejemplo a seguir y por haber compartido sus experiencias de una forma tan desinteresada.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	8
3.3.1. Pregunta central	9
3.3.2. Preguntas Auxiliares.....	9
3.4. Delimitación del problema	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	20
7.1. Generalidades de la industria de la Construcción	22

7.2.	Factores de complejidad de las obras de construcción.....	25
7.3.	Estructura organizacional de las empresas ejecutoras	26
7.4.	Proyectos de construcción de infraestructura	28
7.5.	Procesos de los proyectos de construcción	29
7.5.1.	Inicio	30
7.5.1.1.	Errores comunes	30
7.5.2.	Planificación	31
7.5.2.1.	Errores comunes	32
7.5.3.	Ejecución y supervisión	35
7.5.3.1.	Errores comunes	37
7.5.4.	Cierre.....	39
7.5.4.1.	Errores comunes	39
8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	41
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
10.	METODOLOGÍA	45
10.1.	Características del estudio	45
10.2.	Unidades de análisis	46
10.3.	Variables	46
10.4.	Fases de estudio.....	48
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	51
11.1.	Técnicas de recopilación de datos	51
11.2.	Técnicas de análisis de la información.....	52
12.	CRONOGRAMA	55

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	57
REFERENCIAS	59
APÉNDICES	65

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Producto interno bruto primer trimestre 2023	20
Figura 2.	Representación de la ciudad de guatemala 1821.....	21
Figura 3.	Mapa del municipio de guatemala 2023	22
Figura 4.	Departamentos relevantes en proyectos de construcción	27
Figura 5.	Cronograma de labores	55

TABLAS

Tabla 1.	Esquema de la solución.....	16
Tabla 2.	VARIABLES a analizar en el estudio	46
Tabla 3.	Fases de estudio	49
Tabla 4.	Recursos necesarios para la investigación.....	58

1. INTRODUCCIÓN

En la ejecución de una obra de construcción existen fuentes de sobrecostos como por ejemplo: discrepancias entre los costos planteados en el presupuesto, tanto en materiales como en mano de obra, sin embargo una de las fuentes de sobrecostos que más afectan las obras de construcción son los atrasos, debido a que es complicado el razonar la fuente del sobrecosto; las medidas que se emplean para compensar los posibles sobrecostos asociados al atraso, suelen ser el exigirle mayor eficiencia al personal, el implementar turnos dobles o el ejecutar varias actividades distintas al mismo tiempo, esto representa varios problemas que impactan en los costos de la ejecución.

El ejecutar de forma paralela varias actividades, el realizar turnos dobles o el exigir trabajos con tiempos de ejecución irracionales incrementa la carga de trabajo para la supervisión, esto causa descuidos, y trabajos defectuosos, estos representan material desperdiciado y la necesidad de reprocesos, lo cual se traduce en trabajos extras y más atrasos. Este trabajo de investigación analizará la composición del presupuesto para identificar los elementos que son susceptibles a generar costos en función del tiempo, por tanto, al momento de que se generan atrasos, estos elementos generaran sobrecostos. Contando con la identificación de estos elementos y aplicando los elementos identificados en una proyección de la ejecución que se tiene en marcha, se generará un estimado de costos en función de tiempo, el cual, al momento de tener discrepancias negativas con relación al cronograma de trabajo, atrasos, se contará con un estimado del sobrecosto, esta información permitirá contar con datos que permitan evaluar el impacto representarán las medidas paliativas para disminuir los atrasos.

Con el objetivo de generar un modelo de proyección de sobrecostos en función del tiempo de ejecución, la primera fase de este trabajo se analizará el presupuesto del proyecto de construcción de un edificio de viviendas con muros de concreto reforzado. Se identificarán los elementos que generan costos en función del tiempo, como los salarios del personal administrativo y los alquileres del equipo. En la segunda fase, se realizará un modelo de proyección de costos basado en el tiempo, y se harán encuestas a los gerentes de proyectos de edificios de vivienda de la empresa para identificar actividades correctivas implementadas en proyectos previos. En la tercera fase, se generará un modelo de evaluación que permita proyectar el impacto económico de las actividades correctivas. Por último, se proyectará el impacto de las medidas correctivas en los costos a lo largo del tiempo. Este proyecto es viable y no generará sobrecostos administrativos, ya que la práctica común de analizar el presupuesto se mantendrá, solo se realizará una nueva caracterización de los costos en función del tiempo.

2. ANTECEDENTES

Para que una sociedad pueda crecer y desarrollarse es importante el contar con proyectos de infraestructura adecuados (Barbero, 2013), Un indicador del ambiente económico de una sociedad, es la misma industria de la construcción (Angulo, 2018). Quienes llevan a cabo los proyectos de infraestructura es la industria de la construcción, en Guatemala, en la clasificación de las industrias que aportan al producto interno bruto (PIB), la industria de la construcción es la 5ta entre 17 industrias, representando el 4.8 % de del PIB (Ministerio de Economía, 2023). En la industria de construcción, para que los proyectos de construcción puedan ser desarrollados, estos deben de ser viables y atractivos para la inversión, debido a que existen fuentes de inversión públicas y privadas, cada una en búsqueda de objetivos específicos diferentes, en el caso del sector privado, su inversión es en pos de generar ganancias, mientras que el sector público se enfoca en generar un impacto positivo a una comunidad. Existen casos en que la implementación de un proyecto de construcción cumpla con ambos objetivos pero cuente con limitantes tanto desde el sector público como del privado, por lo cual se forman alianzas conocidas como publico/privadas (Cuamatzin, 2006). Los proyectos de construcción, para ser considerados como viables, desde el punto de vista profesional, deben cumplir con las variables de: tiempo, costo y calidad; estas tres características son conocidas como el triángulo de hierro (Caccamese, 2012).

Los proyectos de construcción están dirigidos por un profesional, quien es responsable de la obra, recientemente el profesional encargado de un proyecto recibe el título de gerente de proyecto. El gerente de proyecto es el

responsable de entregar resultados satisfactorios a todos *stakeholders* (Project Management Institute [PMI], 2021). Los *stakeholders* son todas las entidades que están interrelacionadas en el desarrollo de un proyecto, como lo son la empresa desarrolladora, la empresa ejecutora, los proveedores y los clientes finales, entre otros.

El gerente de proyectos deberá de llevar el control de 10 áreas de gestión siendo estas: integración, alcance, tiempo, costos, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados (Pinzón y Remolina, 2017). En la realidad y en la práctica común de la industria de la construcción en Guatemala, aunque el gerente de proyectos será el responsable de todos los aspectos de campo, deberá depender de otros departamentos dentro de la empresa ejecutora para temas como el suministro de materiales y renta de equipos, a cargo del departamento de compras; la cancelación de cuentas por pagar, a cargo del departamento de contabilidad y las interrelaciones más importantes son con el departamento de planificación quienes fijan la disponibilidad real para la subcontratación de servicios específicos o la implementación de materiales y métodos constructivos; y la gerencia de la empresa, debido a que el gerente de proyecto debe de rendir cuentas al gerente general.

El departamento de planificación juega un rol muy importante dentro de las empresas ejecutoras de proyectos de construcción, debido a que la correcta planificación es trascendental para un proyecto (Drew, 2022), este departamento se encarga de desarrollar el presupuesto de la obra de construcción, así como el cronograma de ejecución. Sin embargo, debido a que esta planificación se realiza previo a la ejecución y en la mayoría de los casos, la ejecución se realiza varios meses posterior a la planificación, lo que genera que muchas de las variables contempladas por el planificador pueden no

ajustarse a la realidad que encontrara el gerente ejecutor, esto comienza a generar desfases entre el tiempo de ejecución contractual contra el tiempo real de ejecución, a lo cual se le conocen como atrasos. Todo retraso en una determinada obra de construcción afecta al presupuesto (Aziz, 2016). Es necesario el poder reducir la variación que existe entre la planificación y la ejecución (Maestre, 2018)

En el caso de la interacción entre el gerente de proyectos con el gerente general, el gerente del proyecto debe de tomar muchas decisiones en campo, las cuales pueden afectar el tiempo de ejecución y el presupuesto, sin embargo, debido a que el gerente del proyecto debe de rendir cuentas al gerente general, en muchas ocasiones se pierde el sentido de urgencia y la nueva planificación del gerente de proyectos no llega a generar una diferencia.

Para poder solventar las incongruencias a las que se enfrenta un gerente de proyecto, no basta con una buena definición de sus atribuciones como lo detalla el PMI; no es suficiente con extender, especificar o ampliar la especulación en el proceso de planificación tanto en la etapa previa como en el proceso de ejecución (Giraldo et al., 2018). Es necesario el revolucionar el proceso existente, es posible el alcanzar mejoras de entre un 50 % a un 60 % a través de reformas en áreas como: redefinir el marco contractual, la reforma dinámica de la industria, el replantear y rediseñar los procesos de ingeniería, mejorar la administración de la cadena de suministros, mejorar la ejecución in situ, implementar nueva tecnología, implementar nuevos materiales y renovar habilidades del personal (Barbosa et al., 2017). Sin embargo, es muy importante el poder prever el impacto que genera cada cambio que se desea implementar, debido a que la construcción de un edificio presenta variables, limitantes y diferentes características a otras obras de construcción.

Para poder implementar correctamente un cambio a la programación inicial, es necesario evaluar el impacto que tendrá en el balance de tiempo-costo-calidad, sin embargo, dentro de las obras de construcción, en general la variable más importante es el tiempo, debido a que dentro del tiempo se diluyen costos indirectos y en el caso de la industria de la construcción, los atrasos exponen a la entidad ejecutora a sanciones.

El modelo para toma de decisiones considerará por lo tanto un balance entre el tiempo y el costo que se produce gracias a la variación de materiales y procesos constructivos, contra el sobre costo que representa el atraso, integrando los costos indirectos asociados al tiempo de atraso, agregando las multas que las que se es acreedor la entidad ejecutara debido al tiempo de atraso.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La industria de la construcción es relevante para el desarrollo de una sociedad, para que esta industria y todas las personas interesadas sean beneficiadas, es necesario que los proyectos sean exitosos, este éxito se define en el balance de 3 factores: tiempo, costo y calidad. En los proyectos de construcción, la calidad se evalúa con base en los normativos que apliquen al proyecto mientras que los factores costo y tiempo son delimitados por el presupuesto y el cronograma de trabajo respectivamente. El alto nivel de complejidad de los proyectos de construcción es ampliamente reconocido, así como sus problemáticas, el problema que se plantea para este trabajo son los sobrecostos generados por atrasos en la ejecución, específicamente en la construcción de un edificio de vivienda de 12 pisos, la metodología de construcción empleada en este proyecto es de muros de concreto reforzado. El proyecto estará ubicado en zona 1 de la ciudad capital.

El impacto que generan los atrasos en este tipo de proyectos es muy relevante, debido a que los trabajos de construcción de un nivel no pueden iniciar hasta que el nivel anterior alcance cierto porcentaje de finalización, por tanto, los atrasos son acumulativos. Los atrasos generan sobrecostos debido a gastos que dependen del tiempo, como por ejemplo el alquiler de equipo, así como los salarios del personal administrativo. Para solventar esta problemática, se emplean medidas paliativas como, por ejemplo: incrementar jornadas de trabajo, elaborar distintos tipos de trabajo en paralelo como la aplicación de

acabados en techos, muros y pisos, instalación de ventanería y carpintería, entre otros.

3.2. Descripción del problema

Debido a que el factor tiempo en el desarrollo de la construcción del edificio de vivienda está dictaminado por el cronograma de trabajo, cualquier incremento en el tiempo de ejecución representa un atraso, estas desviaciones pueden surgir a partir de dificultades al acceso de la obra, atrasos en el suministro de materiales, fenómenos meteorológicos que generen ambientes laborales peligrosos, entre otros. En este trabajo de investigación, se realizará una proyección del sobrecosto que generan los atrasos, la razón del atraso no representa un factor relevante, únicamente importa la magnitud del atraso. Analizando el presupuesto, se identificarán los elementos que generan costo en función del tiempo como el alquiler de equipo, salarios de personal relevante, entre otros. Al cubrir los costos anteriormente identificados en función del tiempo adicional, se generará una proyección de sobrecostos.

La característica principal de este proyecto es el uso de la metodología de muros de concreto reforzados, el principal punto de análisis será el concreto. El concreto puede ser simple, el considerado en el presupuesto de este proyecto, o puede contar con aditivos, para efectos de este estudio el aditivo más relevante es el acelerante de fraguado. La validación de los casos en que el uso del aditivo acelerante de fraguado sea pertinente, dependerá de evaluar adecuadamente la cantidad de tiempo que se ahorra, del incremento del costo que representa y de la amortización del sobrecosto en la proyección de sobrecostos en función del tiempo.

3.3. Formulación del problema

En el ámbito de la construcción, la ejecución de la obra tiene un alto grado de dificultad para el personal administrativo, debido a que combina tareas de campo y de oficina, junto con la necesidad de controlar los costos en los que se puede incurrir para llevar a buen término el control del avance de la construcción. Dentro de los problemas que se puede tener en la construcción de un edificio de vivienda, este trabajo se centrará en lo siguiente:

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo reducir o evitar sobrecostos derivados de la variación en presupuesto y tiempos de ejecución en la construcción de un edificio de 12 pisos?

3.3.2. Preguntas Auxiliares

- ¿Cuál es el monto de variación de costos generado por los atrasos?
- ¿Cómo determinar el impacto y viabilidad de acciones correctivas que se emplean para reducir atrasos?
- ¿Cómo determinar el impacto causado por los cambios requeridos por el cliente y que afectan a la planificación original de los tiempos de ejecución?

3.4. Delimitación del problema

Este trabajo se desarrollará dentro del proyecto de construcción residencial de un edificio de vivienda de 12 pisos, el proyecto es denominado: Barrio Moderno Zona 1. El proyecto constará de un sistema constructivo de muros fundidos reforzados con varillas de acero, los acabados se aplicarán con repellos y cernidos plásticos y piso cerámico nacional, puertas de madera

enchapada y la ventanería será de pvc y vidrio. La empresa que desarrolla este proyecto llevará a cabo todas las fases de construcción desde la planificación, así como las fases de ejecución. El proyecto de construcción iniciara en el 2024. El objetivo de estudio se centrará en el gerente de este proyecto de construcción, en la planificación y en el proceso de gestión de la obra.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se desarrolla bajo la línea de gestión de procesos, debido a que, durante la ejecución de una obra de construcción, las actividades que se realizan están en constante cambio por lo que es necesario el gestionarlas de una manera correcta y proactiva para optimizar tiempos de ejecución y reducir errores y costos. Durante la fase de ejecución el responsable de la gestión es el gerente del proyecto, será de su responsabilidad la correcta gestión y control de las actividades, así como de los suministros. Debido a la gran carga laboral, se suele perder de vista el impacto que tienen las decisiones que se toman en el día a día

Dentro de las construcciones de edificios, el tiempo, es un factor de carácter acumulativo, debido a que los procesos de construcción de un nivel no pueden realizarse hasta que se alcanza cierto nivel de avance en el nivel precedente. Las variaciones de tiempo en relación al cronograma de trabajo reflejan un impacto en el carácter financiero, en caso de los atrasos, se incurre en multas y costos no cubiertos en el presupuesto. Dejando de lado las multas, es poco común el conocer el impacto y el monto de sobrecostos que representan los atrasos, sin embargo al contar con el presupuesto, es posible proyectar los sobrecostos.

Generalmente, el gerente del proyecto se centra en ceñirse a los tiempos del cronograma de ejecución, las acciones que se toman para corregir las desviaciones en el tiempo suelen ser empíricas, basadas en resultados de proyectos similares o en la experiencia del gerente, sin embargo, es posible el cuantificar este impacto. Adicionalmente, es posible el realizar una evaluación

de carácter cuantitativo en la variación de los procesos constructivos, al momento de conocer el monto de sobrecosto que se genera a partir de los atrasos y evaluar las variables costo-tiempo de cualquier posible solución.

Actualmente, la situación que se tiene es que el monto de los sobrecostos únicamente es perceptible en las fases finales de los proyectos, para estos momentos, las acciones que se pueden realizar no generan un impacto significativo. Para dar solución a esta problemática, es necesario el desarrollar una correcta gestión de procesos a lo largo de todo el proyecto de construcción. Realizar proyecciones que tomen en cuenta todos los factores contribuyentes y al momento de aplicar medidas correctivas, es necesario evaluarlas de forma fácil, rápida y objetiva. De lo contrario, todas las acciones seguirán siendo de carácter empírico, debido a que el éxito o fracaso de una medida seguirá sujeta a las características específicas del momento.

Los proyectos de construcción son desarrollados por empresas privadas, estas realizan los proyectos en pos de un fin económico, al momento de que este fin no se cumple, la continuidad de la ejecución de los proyectos se queda en duda. Debido a que la realización exitosa de proyectos de construcción está estrechamente relacionado a la salud económica de una sociedad y a que el desarrollo de una sociedad depende del avance en su infraestructura, en caso que los proyectos de construcción se ralenticen, impactan negativamente, no solo a los involucrados directamente con el proyecto sino al gremio en general y a la sociedad.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un modelo de gestión de procesos en la construcción de un edificio de 12 pisos con muros de concreto reforzado para mitigar sobrecostos generados por atrasos.

5.2. Específicos

1. Estimar la variación de costos generados por la variación de tiempos de ejecución.
2. Detallar el proceso de evaluación de los procesos constructivos en sus variables tiempo y costo para elegir cambios de procesos que afectan de forma positiva a los costos del proyecto.
3. Cuantificar el impacto generado por la variación de actividades, considerando las variaciones de costos y la variación de tiempos de ejecución.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Durante la ejecución de un proyecto de construcción es necesario contar con la seguridad de que el proyecto se está desarrollando de forma adecuada, actualmente esta valoración se basa en el cumplimiento del presupuesto y el cronograma de trabajo delimitado durante la planificación del proyecto. Sin embargo, es necesario el tomar en cuenta que el diario accionar en el proyecto, genera repercusiones en los costos indirectos, debido a que estos costos son propios del desarrollo de la obra de construcción pero no están delimitados a una etapa o una tarea en específico, consecuentemente y de forma específica, en el caso de los atrasos, los costos indirectos dejan de estar cubiertos por lo planteado durante la planificación original, esta falta de cobertura se traduce en sobrecostos.

Para que la obra se considere exitosa, es necesario que se cumpla con la proyección del presupuesto, las desviaciones del presupuesto generan pérdidas y para evitar estas pérdidas, es necesario el implementar acciones correctivas en el desarrollo de la construcción, sin embargo, estas acciones deben de estar correctamente evaluadas y aplicadas para asegurar que el impacto sea positivo y no solo sea una solución aparente o en el peor de los casos, que el impacto sea negativo.

Al finalizar este estudio, el gerente del proyecto edificios Gerona, edificación de viviendas de 12 pisos, contará con un modelo de proyección que le permitirá conocer el monto de sobrecostos que tendrá el proyecto con base en la variación del tiempo de ejecución, en caso del tiempo de ejecución sea menor al proyectado, se tendrá un sobrecosto negativo, lo cual representará un

ahorro y en caso de que se tengan atrasos, el sobre costo será positivo y conocerá la magnitud proyectada de pérdidas. Adicionalmente, el gerente de proyectos, contará con un modelo de evaluación para facilitar y agilizar la toma de decisiones, al momento de aplicar variaciones en los procesos constructivos.

A continuación, se detalla un esquema de la solución:

Tabla 1.

Esquema de la solución

	Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo de actividad	Tiempo acumulado (días)
FASE 1	Análisis del presupuesto	Solicitar al departamento de Planificación el presupuesto para desglosarlo y analizarlo, para detallar las variables de costos dependientes del tiempo	Humano, computadora	4 días	4 días
FASE 2	Proyección de variaciones de costos respecto al tiempo	Con base en la información anterior se desarrolla una hoja de cálculo, tomando en cuenta las variables dependientes del tiempo y la situación actual (al momento de ejecutar el análisis, debido a que el análisis debe realizarse con regularidad)	Humano, computadora	4 días	8 días

Continuación de tabla 1, Esquema de la solución

FASE 3	Definición de posibles medidas correctivas que impacten el tiempo de ejecución	Se desarrollarán entrevistas entre los gerentes de proyectos pertenecientes a la empresa ejecutora, que hayan desarrollado construcciones de edificios, para delimitar las practicas correctivas implementadas	Humano, computadora	1 semana	15 días
	Realizar modelo de evaluación de conveniencia para el cambio de metodologías constructivas	Con base en la información recolectada anteriormente, se desarrollará un modelo de evaluación, centrado en las variables costo y tiempo, para poder determinar el impacto que generaría el cambio de métodos constructivos.	Humano, computadora	3 días	18 días
	Revisión en campo de variación entre planificación y ejecución	Con base en lo descrito y delimitado por el presupuesto, se evaluará en campo el cumplimiento de lo planificado versus lo implementado, se analizaran todas las variaciones que impacten el tiempo de desarrollo de las actividades. Se desarrollaran reportes semanales de variaciones.	Humano, computadora	3 meses	108 días

Continuación de tabla 1, Esquema de la solución

	Actualización de proyecciones	Con base en los reportes semanales, se actualizarán las proyecciones de variaciones de costo respecto al tiempo	Humano, computadora	Paralelo al paso anterior, 3 meses	108 días
FASE 4	Informe final del proyecto	Debido a que el proyecto de investigación tiene un límite de tiempo de 4 meses, lo cual es solo una fracción del proyecto de construcción, se generará un informe de lo realizado durante el proyecto y se generarán recomendaciones para el gerente del proyecto de construcción.	Humano, computadora	5 días	113 días

Nota. Esquema de la solución, esquematización del proceso de solución para el problema de investigación dividido en fases. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

7. MARCO TEÓRICO

La industria de la construcción es muy importante para la economía de un país, debido a que esta puede ser tratada incluso como un indicador de la salud económica de la sociedad o del esfuerzo en desarrollo que esta misma está implementando (Cabrera et al., 2022). La industria de la construcción es una gran generadora de fuentes de trabajo tanto de forma directa (mediante la oferta de trabajo a albañiles y ayudantes) como de forma indirecta (a través de los negocios complementarios que se generan, como lo pueden ser el transporte o la alimentación de las personas). En la siguiente figura se puede apreciar el aporte que representa la industria de la construcción al PIB (Producto Interno Bruto) dentro de la economía guatemalteca.

Figura 1.

Producto Interno Bruto primer trimestre 2023

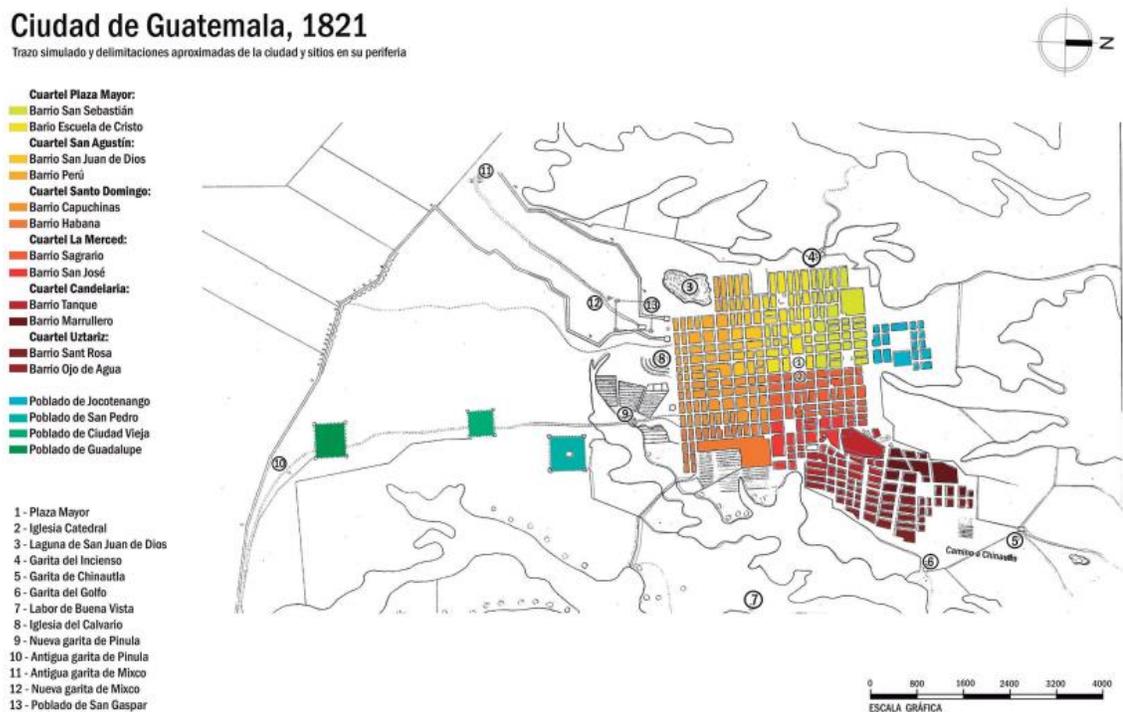
No.	Actividades económicas por sección de la CIIU	% en el PIB anual	1T-22	2T-22	3T-22	4T-22	1T-23
1	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	9.3	3.8	4.3	1.9	0.1	2.3
2	Explotación de minas y canteras	0.6	4.5	-11.2	-6.9	-0.8	-7.1
3	Industrias manufactureras	14.1	5.1	4.4	2.9	2.1	3.4
4	Suministro de electricidad, agua y saneamiento	2.2	4.9	5.4	6.0	8.6	-0.6
5	Construcción	5.7	4.2	2.4	8.6	13.7	9.0

Nota. Detalle por industria del aporte a la generación de PIB en Guatemala, periodo del primer trimestre de 2023. Obtenido del Banco de Guatemala (2023). *Producto Interno Bruto Trimestral* https://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/cuentasnac/PIB2013/1T_2023_JM_AR2013.pdf. Consultado el 29 de septiembre de 2023. De dominio público.

El desarrollo de una sociedad se ve reflejado en el crecimiento de su población, este crecimiento representara una mayor demanda de servicios, tanto de vivienda, transporte, servicios, entre otros. En las siguientes figuras se puede apreciar el crecimiento en infraestructura que ha tenido la ciudad de Guatemala, comparando las áreas construidas existentes en 1821 versus el área construida en 2023.

Figura 2.

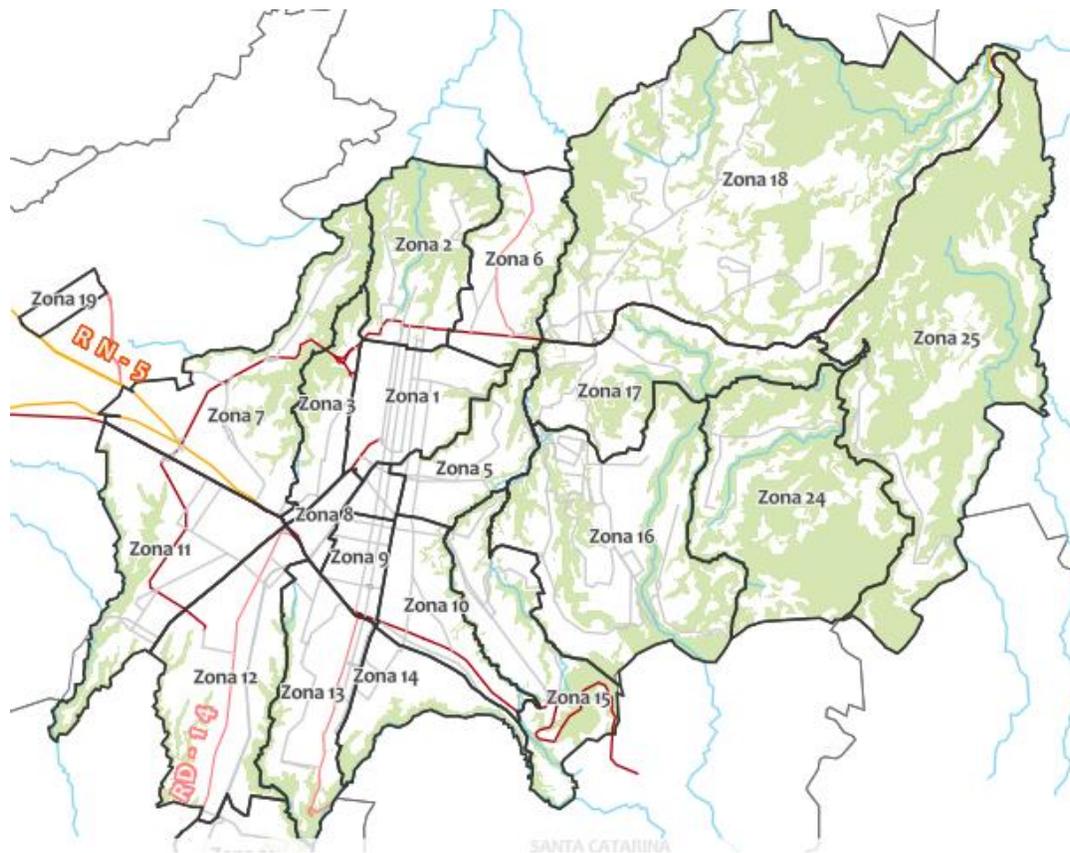
Representación de la ciudad de Guatemala 1821



Nota. Representación de la división territorial de barrios asignada desde 1791. Obtenido de A. Ramírez y C. Fuentes (2021). *Evolución urbano arquitectónica de la ciudad de Guatemala, 1776-1976* (<https://biblioteca.url.edu.gt/vrip/evolucion-urbano-arquitectonica-de-la-ciudad-de-guatemala-1776-1976/>). Consultado el 29 de septiembre de 2023. De dominio público.

Figura 3.

Mapa del municipio de Guatemala 2023



Nota. La figura muestra el estado de división en zonas del municipio de Guatemala vigente al año 2023. Obtenido de página oficial de la Municipalidad de Guatemala. *Mapa de la Municipalidad de Guatemala* (<https://www.muniguate.com/mapa/>). Consultado el 29 de septiembre de 2023. De dominio público.

7.1. Generalidades de la industria de la Construcción

El sector de la construcción, dentro de la economía de un país, siempre ha sido un sector fundamental de la economía por su relación con la generación de empleos, debido a su modelo de uso intensivo del recurso humano y por la

creación de empleo indirecto. La generación de empleos que se ve asociada a la industria de la construcción puede minimizar los efectos de cualquier crisis, especialmente desde el punto de vista del consumo. Para el desarrollo de esta industria, es necesario el contar con grandes niveles de apalancamientos financieros, tanto para la iniciativa privada como la pública, para que los proyectos puedan ser desarrollados, lo cual hace que los proyectos sean analizados muy detenidamente por los responsables financieros.

Es importante tomar en cuenta que en épocas recientes la velocidad en la que los factores sociales, económicos y tecnológicos cambian tan abruptamente, los proyectos de infraestructura que se desarrollen serán únicamente los que sean capaces de aportar a la sociedad soluciones inteligentes y un retorno económico significativo, en que los involucrados, especialmente los profesionales, precisarán de conocimientos técnicos y financieros ya que la dimensión de los proyectos demandara técnicos que sean capaces de determinar la viabilidad tanto técnica como económica de un nuevo proyecto de infraestructura conforme a las necesidades de la sociedad. (García, 2021)

A pesar de lo descrito anteriormente, la industria de la construcción ha tenido bajos índices de productividad en comparación a otras industrias, uno de los mayores inconvenientes se tiene en el atraso de la industria en emplear métodos digitales, lo cual le permitirá mejorar sus niveles de eficiencia. (Castro et al., 2021)

Se debe de tomar en cuenta que en la industria de la construcción se tiene un delicado balance entre tiempo-costo-calidad, estos factores deben de ser efectivamente administrados por el gerente de obra debido a que la definición tradicional de la calidad y el éxito de un proyecto de construcción

radica en cumplir con las expectativas de las partes interesadas como los son los clientes finales, la alta dirección de la empresa privada o dirección gerencial de la entidad ejecutora en términos de costos (presupuesto), tiempo (cronograma) y alcance (desarrollo) (Grande, 2021).

Dentro del periodo de ejecución de un proyecto de construcción, como lo indica Grande (2021) las prioridades en la interacción entre los criterios previamente mencionados son cambiantes, por ejemplo: a veces es necesario comprometer el desempeño y el alcance del proyecto para que este se lleve a cabo con rapidez o con un costo menor. En la mayoría de los casos en proyectos de construcción, mientras más tiempo se necesite para el proyecto, este resultará siendo más costoso.

Sin embargo no en todos los casos es posible el percibir una correlación positiva entre el costo de un proyecto con su cronograma de ejecución, esto puede deberse a que en pos de reducir gastos, se opta por una mano de obra barata, poco calificada y con baja eficiencia, lo cual prolongara el periodo de ejecución previsto, por el contrario, al optar por una mano de obra sobrecalificada, esta puede reducir el tiempo de ejecución de ciertas tareas, sin afectar al cronograma general de trabajo debido a fases de construcción que únicamente pueden ser designadas como cuellos de botella.

Debido a esto Grande (2021) define que una de las labores más importantes del administrador de proyecto es el control de los cambios que se dan en tiempo, costos y desempeño.

La aplicación de la teoría anterior es muy importante, pero es necesario el prestar a atención a otro factor que afecta en la realidad, debido a que en la industria de la construcción se encuentra una competencia acérrima, el

desarrollador, quien es la entidad que cuenta con los fondos monetarios, le otorgará la ejecución del proyecto de construcción a la entidad de cumpla con sus expectativas. Por lo tanto, dentro de los factores tiempo-costo-desempeño (o calidad).

Durante el periodo de ejecución del proyecto, se le conoce como ejecutor a la empresa constructora, esta empresa designara a un administrador o gerente de proyecto (GP), en la práctica, una gran deficiencia es que el GP llevara el control del proyecto dependiendo de su propia experiencia, a lo cual se le puede llamar como una administración empírica (Babastre et al., 2022)

7.2. Factores de complejidad de las obras de construcción

La administración de proyectos de construcción se centra en el triángulo de características Costos-tiempo-alcance, sin embargo la complejidad real que tienen los proyectos de construcción es muy alta y adicionalmente al balance anteriormente mencionado, deben de tomarse igualmente el balance entre materiales-mano de obra-equipo (relacionando a los departamentos de ejecución-planificación-compras) y el balance de especificaciones-cuantificaciones-análisis (relacionando directamente a los departamentos de ejecución y planificación) (Salazar, 2002).

El administrador o gerente del proyecto es responsable del balance de factores como el flujo de inversión de efectivo, el periodo de retorno que se dan entre las inversiones de mano de obra, alquileres de equipo e inversión en materiales versus el retorno de esta inversión que se da con el cobro de las estimaciones de avance, las cuales suelen tratarse de manera mensual.

Al mismo tiempo se debe de tener el control del flujo de suministro de materiales, debido a que el administrador del proyecto es el responsable de generar la requisición de materiales, detallando las características de los materiales (grados de acero, grosor de agregados, listados de accesorios, entre otros), y es necesario el tener presente que estas requisiciones tendrán un periodo de espera de trabajo dentro del departamento de compras (debido a la cantidad de proyectos de construcción paralelos que tenga la empresa) y cada uno de los proveedores de materiales tienen un periodo de suministro propio; y escalando un nivel más arriba en cuanto a la complejidad logística en la administración del flujo de materiales, se debe de tomar en cuenta las cantidades optimas en los pedidos de suministro de materiales, las cuales variaran dependiendo del tipo de material, por ejemplo:

- El acero cuenta con existencias de un largo variado ya sea de 6 metros o de 12 metros, las implementaciones de estas presentaciones influyen en el armado de las estructuras de refuerzo y el desperdicio de material.
- El cemento cuenta con cantidades de suministro óptimas debido a que con base en la cantidad por suministrar, se tienen una variación del tipo de transporte, este puede ser desde camiones pequeños de entre 1 a 3 toneladas, camiones de estaca o en volúmenes mayores se puede dar uso a plataformas.

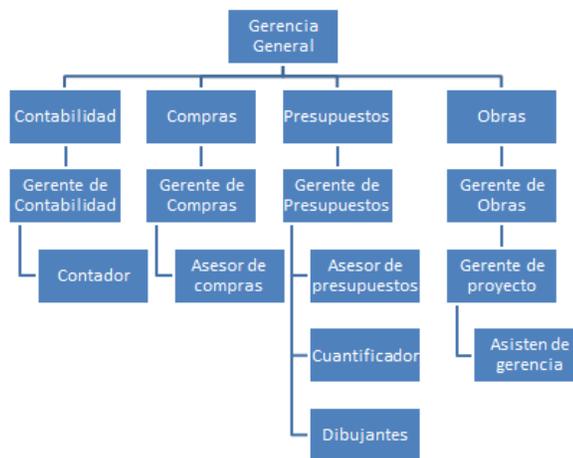
7.3. Estructura organizacional de las empresas ejecutoras

Debido a que el presente trabajo se centra en las empresas privadas de construcción, los temas que se exponen a continuación aplican específicamente a estas, aunque en el caso de entidades ejecutoras, existen factores muy similares (Chamoun, 2002).

En las empresas constructoras, se encuentran una variedad de departamentos que están estrechamente interrelacionados, a los miembros de cada uno de los departamentos se le asigna el control correspondiente a su departamento de los proyectos. A continuación, se muestra una figura que esquematiza los departamentos de una empresa de construcción que intervienen en las obras de construcción.

Figura 4.

Departamentos relevantes en proyectos de construcción



Nota. Representación esquemática de la conformación de los departamentos que intervienen en los proyectos de construcción. Elaboración propia, realizado con Word.

Como se ve en la figura 4, dentro de las empresas constructoras existen 4 departamentos claves que intervienen en el proceso de construcción, a continuación, se detallan las actividades que realizan cada persona clave de dichos departamentos:

- **Contabilidad:** el contador será el encargado de llevar el control de los gastos (gastos de mano de obra, gastos de adquisición de materiales,

gastos de alquiler de equipo y herramientas) y pagos percibidos (cobro de las estimaciones, es práctica común que la cancelación del avance sea de forma mensual).

- **Compras:** Procesa las requisiciones de materiales generadas por el gerente del proyecto, coordina la entrega de los mismos. Administra el alquiler de equipo y herramienta, así como su transporte y mantenimiento (es práctica común en el medio guatemalteco que sea auxiliado en campo por el bodeguero del proyecto).
- **Presupuesto:** desde el punto de vista operacional, este es el segundo departamento más importante, realiza actividades que influyen ampliamente al proyecto de construcción antes y durante la ejecución del proyecto. Antes de que el proyecto se ejecute el departamento de presupuesto realiza la planificación del proyecto, elaborando el presupuesto, definiendo los procesos constructivos, así como los materiales a utilizar, determina el cronograma de ejecución.
- **Obras:** este es el departamento del que forma parte el gerente de proyecto, rendirá cuentas de los avances del proyecto al gerente del departamento. Genera las órdenes de requisición de los materiales, equipos y herramientas detallando las características de los mismos, Con base en lo previamente establecido por el departamento de presupuestos, estas requisiciones son trasladadas al asesor de compras. Elabora las estimaciones de cobro de avances mensuales, realiza las requisiciones de pagos a subcontratos como mano de obra o servicios especializados y rinde cuentas de estos cobros y gastos al contador.

7.4. Proyectos de construcción de infraestructura

Según el PMI (2021), “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 40).

De acuerdo a lo descrito por anteriormente, se tiene como característica general de los proyectos, que estos se desarrollan dentro de un periodo específico de tiempo, esta característica especialmente destacable en los proyectos de construcción debido a que en proyectos de gran escala, este periodo puede comprender únicamente 2 años, mientras que otros proyectos de menor escala están comprometidos únicamente en periodos de 6 meses. Esto implica que las actividades cuentan con tiempos muy cortos, en comparación con otras industrias

Los proyectos de edificación, según el Diccionario panhispánico del español jurídico (2023), “conjunto de documentos mediante los cuales se define y determinan las exigencias técnicas de una edificación que se va a realizar” (párr. 1). De acuerdo a esta definición se tiene que un proyecto de construcción de una edificación se caracteriza por el nivel de detalle técnico, esto se ve reflejado en la cantidad de detalles que llevan los planos de construcción, dentro de los planos de construcción requeridos están los: planos estructurales (plantas, secciones y detalles específicos), planos de instalaciones eléctricas (de fuerza y neutro), planos de instalaciones hidráulicas (aguas potables, aguas pluviales y aguas servidas), planos de instalaciones especiales (instalaciones como el cableado de tv, internet, teléfono, entre otros), planos arquitectónicos, entre otros.

7.5. Procesos de los proyectos de construcción

Los proyectos de construcción como cualquier otro tipo de proyecto, se compone de las siguientes fases de gestión de proyectos:

- Inicio
- Planificación

- Ejecución y supervisión
- Cierre

Dentro de la industria de la construcción cada una de estas fases tiene una gran importancia, sin embargo, es fundamental el llevar de forma ordenada y de la mejor manera cada una de ellas, debido a que los errores de cada fase se arrastran y se agravan en la siguiente (Riascos, 2012). Se debe de mencionar de igual manera que en todas las empresas de construcción, se involucran prácticamente todos los departamentos que la conforman y debido a esto mismo, se tiene la interacción entre varios tipos de personal, profesionales, técnicos, entre otros.

7.5.1. Inicio

En la industria de la construcción, específicamente en el mercado guatemalteco, la fase de planificación o fase inicial, es trabajada generalmente por empresas que se dedican al diseño y desarrollo de infraestructuras, estas empresas reciben requerimientos de inversionistas o potenciales clientes finales sobre las necesidades que desean cubrir. El producto final de esta fase serán las especificaciones técnicas y juegos de planos que detallan las características de la estructura a elaborar, para la elaboración de estos documentos, intervienen tanto ingenieros civiles, arquitectos y dibujantes.

7.5.1.1. Errores comunes

Debido a la alta competencia que existe en el mercado de la construcción, las empresas que se dedican al diseño y planificación inicial cuentan con personal que excede las expectativas en funciones de gabinete, contando con una alta eficiencia en el uso de herramientas de dibujo, sin

embargo, por el contrario cuentan con poca o nula experiencia en campo, debido a esta disparidad las planificaciones iniciales llevan errores ya sea en falta de detalle en armado de estructuras, falta de acotado de planos o inconsistencias y contradicciones en detalles existentes (estas contradicciones suelen darse debido a que dentro de los planos estructurales, suelen emplearse vistas desde varios sentidos de un mismo elemento) (PMI, 2021).

Debido a que este trabajo se centra desde el punto de vista de una empresa constructora, es importante el señalar que, aunque la información que recibe la empresa constructora puede contener algunos errores como los anteriormente mencionados, la responsabilidad cae únicamente sobre el constructor al momento de no ser capaz de detectar esta clase de fallos.

7.5.2. Planificación

En esta fase las empresas constructoras reciben toda la información de parte de la empresa desarrolladora. Dentro de la empresa constructora, el departamento encargado de procesar la información recibida es el departamento de presupuestos (Cervantes, 1999). El jefe o gerente de este departamento puede ser tanto un ingeniero civil como un arquitecto, sin embargo, las características principales que debe de tener son:

- Capacidad de análisis numérico: esta capacidad le permite el gerente del departamento de presupuestos el realizar una estimación rápida de los costos y precios que deberán de tener los proyectos de construcción, dentro de esta característica a de resaltarse que es necesario que cuente con una buena memoria, debido a la gran variedad de precios de mercado que debe de manejar.

- Experiencia de campo: esta característica es muy importante al momento de determinar los costos y precios de los elementos a construir, así como a la planeación y proyección de los tiempos de ejecución.

7.5.2.1. Errores comunes

Dentro de los errores más comunes que se tienen en esta fase a de resaltarse los siguientes:

- Falta de información actualizada: la correcta elaboración de un presupuesto depende de contar con precios actualizados tanto de materiales, mano de obra, servicios especializados de sub contratos y alquileres de equipos y herramientas. Esta información puede obtenerse en conjunto con los departamentos tanto de compras y de obras, debido a que el departamento de compras son el personal de la empresa que tiene un contacto diario con los proveedores de materiales y las empresas de alquiler de equipos y herramientas, en el caso del departamento de obras, son quienes están en campo y tienen trato directo con el personal que presta los servicios de mano de obra como lo son albañiles y ayudantes; e igualmente tienen contacto con la empresas que prestan servicios especializado de subcontrato, como lo pueden ser las áreas de pintura, herrería, carpintería, instalaciones eléctricas, hidráulicas entre otros, es necesario el consultar fuentes actualizadas de listados de precios actualizados, debido a que estos rubros están sujetos a movimientos de mercados que cambian con el tiempo (Cámara Guatemalteca de la Construcción, 2023).
- Falta de visita de campo: en épocas recientes, las empresas desarrolladoras, al invitar a las posibles empresas constructoras, les exigen el realizar una visita de campo, debido a que únicamente a través de esta actividad, el personal del departamento de presupuesto podrá tomar en cuenta aspectos físicos propios del área a intervenir, como lo

pueden ser las colindancias, rutas de acceso, características del terreno a intervenir como consistencias de los suelos o estructuras existentes. Para nombrar algunos ejemplos de problemas que se evitan al momento de realizar una adecuada visita de campo se pueden señalar los siguientes casos:

- Problemas de acceso: teniendo en mente el optimizar los pedidos materiales, estos son planifican en grandes volúmenes, lo cual, de forma óptima, requiere el ingreso al proyecto de construcción de un camión de plataforma, sin embargo, el camino de acceso no tiene el ancho necesario de maniobra para este tipo de camiones.
- Falta o insuficiencia de servicios básicos: dentro de la planificación presupuestal, se consideró que el agua que se empleará tanto para los procesos constructivos como para el uso del personal, será tomado del agua que suministra el servicio público, sin embargo en el terreno en el que se realizará el proyecto de construcción, no cuenta con conexión de agua potable; se puede dar un caso similar con el suministro de energía eléctrica.
- Experiencia en procesos constructivos: el personal del departamento de presupuestos debe de tener una amplia experiencia en los procesos constructivos, para poder considerar adecuadamente los siguientes temas:
 - Errores en planificación inicial: cómo se mencionó anteriormente, puede darse el caso de que la información inicial que provee la empresa desarrolladora cuente con omisiones, contradicciones, detalles faltantes, entre otros. Las bases de licitación contienen una cláusula que contempla errores en la información inicial que se provee a las empresas constructoras participantes, indicando que, al momento de presentar una oferta, la empresa constructora asume toda responsabilidad en cuanto a, en caso de resultar

favorecido en la licitación, hacer entrega de infraestructura funcional y segura en cuanto a los más estrictos parámetros que contemplan las normas vigentes. Debido a estos casos, el personal del departamento de presupuestos debe de contar con la suficiente experiencia y criterio en cuanto a diseño estructural (PMI, 2021).

- Errores en cuantificación: dentro del departamento de presupuestos, se puede encontrar tanto personas con grados académicos profesionales y estudiantes de las carreras afines como lo son ingeniería civil y arquitectura, este conocimiento técnico es vital debido a la necesidad de saber cómo interpretar los juegos de planos que componen el proyecto de infraestructura, debido a que caen dentro de sus funciones el realizar una cuantificación de los materiales necesarios para elaborar el proyecto de construcción. Adicionalmente, es necesario el tener el conocimiento necesario para poder asignar adecuadamente porcentajes de holgura (estos son porcentajes incrementan las cantidades cuantificadas de materiales, en previsión de efectos reales como lo son el traslape de las varillas de acero o los desperdicios al momento de manipular los agregados del concreto) (Chamoun, 2002).
- Programación de actividades y elaboración de cronograma de trabajo: es responsabilidad del departamento de presupuesto el tomar en cuenta los procesos constructivos más eficientes y eficaces, así como tomar en cuenta los requerimientos tanto de los clientes finales como de la empresa desarrolladora, esto se traduce como la predilección de procesos constructivos tales como la implementación de acabados elastómeros, la construcción de losas de armado tradicional o prefabricado, entre otros. El

conocimiento que se requiere del departamento de presupuestos en estos casos es la determinación correcta de los materiales necesarios, así como de los correctos tiempos de elaboración que requiere el personal de mano de obra, debido a que este es un factor humano y variará dependiendo de los factores que circulan al proyecto (Benites y Mendoza, 2023). Una vez el proyecto sea adjudicado y el contrato se encuentre firmado, este cronograma pasara a denominarse como tiempo contractual, lo cual significa que es el tiempo en el cual el proyecto de construcción deberá de llevarse a cabo en su totalidad bajo penas de sanciones monetarias.

7.5.3. Ejecución y supervisión

En esta fase del proyecto, la mayoría de la responsabilidad recae en el administrador o gerente del proyecto (Chamoun, 2002), dentro de sus funciones más importantes se puede enunciar:

- Control de flujo de materiales.
- Control de flujo de efectivo
- Control de calidad
- Interpretación y seguimiento de planos
- Resolución de imprevistos

En cada una de las actividades mencionadas anteriormente, el GP deberá de interactuar con los otros departamentos que integran a la empresa constructora, por ejemplo, para el control de materiales debe de interactuar con el departamento de compras, en el caso del control de flujo de efectivo, deberá de interactuar con el departamento de contabilidad y en el caso de cualquier

duda, errores o incoherencias que se detecten en los planos, deberá de interactuar con el departamento de presupuesto.

7.5.3.1. Errores comunes

- Control de flujo de materiales: el GP será el encargado de programar el suministro de mano de obra y materiales al proyecto, esta coordinación debe de realizarse con el mayor grado de exactitud debido a que desde que inicia el tiempo contractual, todo tiempo improductivo comienza a representar una perdida, el personal no puede llegar días antes que el material debido a que sin material, el personal no tiene ninguna actividad a realizar; por el contrario, el material no puede llevar sin que exista personal que lo movilice y/o lo trabaje.
- Control de flujo de efectivo: debido al grado de responsabilidad con el que se carga al GP, la contratación de la mano de obra (MO) que se emplea queda completamente bajo su discreción, este aspecto es importante debido al tema de anticipos, acuerdo para cancelación de trabajos realizados y créditos. El GP como personal responsable de campo, será el encargado de validar todos los pagos que se le entreguen al personal de MO, estas cantidades a cancelar deberán de ir de la mano con el pago que percibe la empresa constructora por medio de las estimaciones de avance que se presentan a la empresa desarrolladora, la empresa desarrolladora por su parte suele contar con un profesional asignado al campo que evalúa de igualmente la estimación versus el avance real de campo (PMI, 2021). Dado el caso en que no se tenga un buen control del flujo de efectivo puede repercutir en que el proyecto carezca de liquides para cancelar los créditos de materiales suministrados o para pagar la mano de obra, en los estos casos el resultado que se tendrá es que el proyecto no puede seguir adelante debido a falta de materiales y que el proyecto se atrasa por el descontento y eventual abandono de la MO. O en casos más extremos, en que la empresa constructora recurra al financiamiento del proyecto

por medio de créditos o préstamos, el incumplimiento o atraso de los correspondientes pagos, puede representar el cargo de intereses, los cuales serán directamente perdidas.

- Control de calidad: en muchos casos, le MO cuenta únicamente con conocimientos empíricos, lo cual puede desembocar en el mal uso de materia, considerando el desperdicio de los mismo; y en la mala calidad de elementos estructurales. En el caso de la mala calidad de elementos estructurales, la única solución es el de demoler la estructura defectuosa y elaborar una nueva estructura, lo cual se traduce en la pérdida de tiempo en elaborar dos veces el mismo elemento, perdida tiempo en demoler la estructura y perdida de los materiales utilizados en la estructura defectuosa, debido a que estos no pueden ser recuperados de ninguna forma (Cervantes, 1999). Añadiendo que cada uno de los pasos antes mencionados deberán de ser cancelados a la MO que desarrolla las actividades.
- Experiencia en interpretación de planos: dentro de esta fase se encuentra un tema similar al descrito en la fase de diseño. El GP deberá de poder interpretar adecuadamente los planos para poder construir cada elemento en donde es debido, con las especificaciones técnicas necesarias y con las dimensiones correctas. De lo contrario se tiene el mismo caso descrito en el punto anterior.
- Resolución de imprevistos: como se ha explicado en apartados anteriores, el departamento de presupuestos elabora un cronograma de trabajo, el cual se convierte posteriormente a la firma de un contrato en el plazo de tiempo contractual, cualquier desviación en este cronograma de ejecución, conlleva un sobrecosto, estos sobrecostos pueden estar dados ya sea porque los periodos de alquiler de equipos y/o herramientas se extendieron más de lo previsto, o porque el periodo de atraso requirió que el personal administrativo (ayudantes volantes,

bodeguero, gerente y auxiliar de proyecto) trabajará en el proyecto un periodo de tiempo mayor al previsto. Sin dejar de mencionar que la empresa desarrolladora puede castigar los tiempos de atraso a través de sanciones, que están contempladas dentro de los contratos, para solventar estas situaciones, el GP deberá de modificar los procesos constructivos que contemplan el presupuesto, sin embargo, en el medio, estos cambios deben de ser aprobados por el gerente del departamento de obras, este procesos de aprobación entorpece al proceso de resolución de problemas (Chamoun, 2002).

7.5.4. Cierre

Esta es la fase final de los proyecto de construcción, dentro de esta fase si bien se tiene la disminución de cargas de trabajo de algunos frentes como lo son la disminución del personal de MO, la disminución del flujo de materiales, la poca o nula existencia de equipo y/o herramienta alquilada, se tiene un gran incremento en la carga administrativa de oficina, en aspectos como lo son el cierre y cuadro de cuentas con personal de MO, lo cual finaliza satisfactoriamente con sus respectivos finiquitos; el cierre y cuadro de los materiales sobrantes y la entrega, aceptación y detalles finales de los frentes de trabajo de parte de la empresa constructora para con el desarrollador (Chamoun, 2002).

7.5.4.1. Errores comunes

Esta fase suele estar plagada de errores que pueden resumirse dentro de los siguientes puntos:

- Finiquitos de Mano de Obra y subcontratos: existe dentro del gremio de la construcción un fenómeno que se manifiesta de forma periódica, como lo es el abandono de labores en las quincenas de cada mes, en menor medida pero siempre presente, se tiene la mala calidad de los trabajos realizados. La única forma de mitigar estos efectos negativos, es mediante la supervisión técnica permanente. Un tema que debe de evitarse en el apartado de mano de obra y subcontratos son los anticipos, debido a que el anticipo puede perderse completamente al momento de que la entidad contratada no se presenta o se puede tener el caso en el que el contratado no cumple adecuadamente con el trabajo que debe desempeñar y debido a que ya se le dio cierta cantidad de dinero, no se le puede dar de baja hasta que produzca el equivalente al anticipo.
- Cierre, cuadro y devolución de equipo y/o herramienta: debido a que el equipo de construcción genera beneficios durante cortos periodos de tiempo, la gran mayoría de estos son alquilados. Este equipo es utilizado durante todo el periodo de duración del proyecto de construcción y debido al mismo hecho de que no le pertenece a la empresa constructora, se descuida el mantenimiento de los mismos, se sobrecargan tanto en capacidad como en tiempo de operación. Este es un problema que debe de ser tratado nuevamente con la supervisión permanente, con apoyo del bodeguero del proyecto (PMI, 2021).

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

No aplica

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la industria de la construcción

2.2 Procesos de las obras de construcción.

2.2.1 Planificación

2.2.1.1 Errores más comunes

2.2.2 Diseño

2.2.2.1 Presupuestos

2.2.2.1.1 Errores más comunes

2.2.3 Construcción

2.2.4 Cierre

3. Presentación de resultados

- 3.1 Determinación de relevancia en variación de procesos constructivos.
 - 3.2 Valoración de tiempo costo en procesos constructivos.
 - 3.3 Proyección de costos con base en a variación de tiempos de ejecución.
 - 3.4 Modelo de proyección de costos con base en tiempos de ejecución y valoración de cambios de procesos constructivos.
- 4. Discusión de resultados
 - 4.1 Determinación de relevancia en variación de procesos constructivos.
 - 4.2 Valoración de tiempo costo en procesos constructivos.
 - 4.3 Proyección de costos con base en variación de tiempos de ejecución.
 - 4.4 Modelo de proyección de costos con base en tiempos de ejecución y valoración de cambios de procesos constructivos.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

10. METODOLOGÍA

El proyecto planteado tiene un enfoque cuantitativo, tendrá un alcance correlación y un diseño experimental, las unidades de análisis serán 6. Las variables se describen en la tabla 2.

10.1. Características del estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, debido a que los objetivos están delimitados dentro de variables cuantitativas, específicamente costo y tiempo; dentro de estas variables se pueden determinar los tiempos de los trabajos a realizar, el tiempo de los atrasos que se tienen durante la ejecución del proyecto, los costos dependientes del tiempo de los elementos que se encuentran dentro del presupuesto, el costo y el tiempo de implementación de las medidas correctivas que se pueden implementar como lo pueden ser, implementación de aditivos acelerantes de fraguado, sustitución de elementos de encofrado modulado, entre otros.

El alcance es correlacional debido a que se analizará la relación que tiene el tiempo en el monto de gastos en que incurre el proyecto, las variaciones que se consideran atrasos generan sobrecostos mientras que no todo avance genera un ahorro, se realizara un análisis de correlación para determinar las variables más influyentes.

Este trabajo contara con un diseño experimental debido a que como se ha mencionado la variación de tiempo crea un cambio en cuanto al costo del proyecto, en proyectos de construcción debido a una amplia gama de variables,

los tiempos de ejecución se ven afectados a diario, ya sea por el rendimiento del personal o por atrasos en suministro de materiales, debido a esto, se evaluará de 2 veces por semana la variación de la proyección de costos en función a la adherencia al cronograma de trabajo.

10.2. Unidades de análisis

Dentro del estudio se evaluará cualquier desviación en del tiempo de ejecución en comparación con el cronograma de trabajo, este aspecto se evaluará en días, así mismo se evaluarán todos los costos, tanto directos como indirectos, que dependen del tiempo, esta variable se evaluará en quetzales, para poder proyectar el sobrecosto, esta variable se medirá en quetzales, debido a que el diseño será experimental, la evaluación deberá de repetirse periódicamente.

10.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación.

Tabla 2.

Variables para analizar en el estudio

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Tiempo contractual (tiempo de ejecución)	Periodo computado en días calendario, meses o años de que dispone el contratista para el cumplimiento del objeto del contrato. (Real academia de la lengua española, 2023).	En general se medirá en meses para el cálculo de salarios y en semanas para el cálculo de alquileres. Durante la ejecución se analizará en días.

Continuación de tabla 2, Variables para analizar en el estudio

Atrasos	Actos o eventos que posponen, extienden o de alguna manera alteran el cronograma, parte de un trabajo o todo el trabajo. (Real academia de la lengua española, 2023)	Los desfases entre el cronograma de trabajo y el tiempo de ejecución real se medirán en días.
Costos directos	La suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo. (Salazar, 2002).	Los alquileres de equipo varían entre semanal y mensual, dependiendo del tipo de equipo, para este trabajo, se analizará de forma diaria.
Costos indirectos	Toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria. (Salazar, 2002).	El salario de personal como el gerente del proyecto, el bodeguero, los auxiliares, tanto de gerente como de bodeguero, ayudantes volantes, personal de seguridad, será analizado por día.
Costos de medidas correctivas	Dentro de los renglones de trabajo de una obra de construcción, en el presupuesto, se plantean los métodos, equipos y materiales más básico, debido al alto nivel de fiabilidad, sin embargo, gracias a los avances de la tecnología o a las dificultades reales de campo, estas puede ser cambiadas.	Debido a que el proyecto en el que se desarrollara este trabajo es la construcción de un edificio de vivienda de concreto reforzado, el rubro que tiene un alto nivel de representatividad es el concreto, se evaluara el costo de la implementación de aditivos, principalmente el acelerante de fraguado.

Continuación de tabla 2, Variables para analizar en el estudio

Tiempos de medidas correctivas	Dentro de los renglones de trabajo de una obra de construcción, en el presupuesto, se plantean los métodos, equipos y materiales más básicos, debido al alto nivel de fiabilidad, sin embargo, gracias a los avances de la tecnología o a las dificultades reales de campo, estas pueden ser cambiadas.	Partiendo de lo descrito en el inciso anterior, el acelerante de fraguado generará una diferencia de tiempo en el proceso de fraguado del concreto, lo cual permitirá el adelantar los trabajos que se realizan posteriores a la fundición de las losas, esta variable se evaluará en días.
---------------------------------------	---	---

Nota. Descripción de las variables más relevantes a analizar en el presente estudio. Elaboración propia, Realizado con Microsoft Word, obtenido de Contraloría General de Cuentas

10.4. Fases de estudio

El presente estudio se realizará en 4 fases, como se detalla a continuación

Tabla 3.*Fases de estudio*

Fase	Objetivo	Acción a realizar	Metodología
1	Analizar la planificación del presupuesto de proyecto de construcción de edificio de vivienda con método de muros fundidos reforzados, principalmente el cronograma de trabajo y el presupuesto.	Definir los tiempos de cada fase de construcción.	-
		Definir los costos que dependen del tiempo.	-
2	Modelado de proyección de sobrecostos	Integrar los costos, tanto directos como indirectos, que varían dependiendo del tiempo en una ecuación que proyecte el sobrecostos en función de la desviación del tiempo de ejecución contractual	Establecimiento de parámetros para nivel de tolerancia en el modelado de sobrecostos
3	Implementación de modelo de predicción y recolección de datos reales en campo, actualización periódica de modelo de predicción	Se analizará y actualizará la información del costo y la reducción de tiempo en el fraguado de concreto	A través de observación directa y entrevistas con el personal administrativo de la obra.
4	Análisis de características de aditivo de fraguado de concreto.		Evaluación del impacto en la reducción del tiempo en fraguado de concreto al sobrecosto

Nota. Fases de estudio, detalle de las fases y sus descripciones de cada una. Elaboración propia, realizado con Word.

Fase 1: Se analizará la planificación de la construcción, para poder determinar el tiempo de ejecución contractual, con esto se tiene el primer

parámetro (tiempo), debido a que es objeto de estudio cualquier desviación en el tiempo de ejecución, esa variable se medirá en días. Dentro de los costos de una construcción, tanto dentro de los gastos directos como dentro de los gastos indirectos, existen elementos cuyo monto real del gasto dependerá del tiempo, por lo cual los atrasos generarán un gasto mayor al contemplado dentro de la planificación, esta variable se medirá en quetzales, se determinarán las fases constructivas más influyentes empleando un análisis de correlación.

Fase 2: Con la información obtenida dentro de la fase 1, se aplicará el modelo de proyección, de esta forma se planteará una proyección del sobrecosto en función de la variación del tiempo real de ejecución, conociendo los procesos más influyentes, se analizarán las variaciones en procesos constructivos más influyentes.

Fase 3: Debido a que dentro del presupuesto en el monto indirecto se contempla un valor de imprevistos, este será un margen a considerar, para conocer el grado de necesidad en el cual se aplicará la medida correctiva planteada, debido a que la implementación de un aditivo de fraguado en el proceso de construcción, será un gasto no contemplado dentro del presupuesto, la implementación de este agregado reducirá el periodo de espera en el proceso de fraguado, lo cual representa una reducción de tiempo dentro de un proceso constructivo, y a su vez representa una reducción en la desviación del tiempo de ejecución.

Fase 4: Una vez se tenga la información real de campo y se cuente con información real de campo que cumpla con retroalimentar las proyecciones de costos, se procederá a analizar la factibilidad de implementar este modelo en futuros proyectos de construcción de edificios de viviendas, así como las correcciones necesarias para que la aplicación sea práctica.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los proyectos de construcción de edificaciones de vivienda contemplan dentro de sus presupuestos una gran cantidad de apartados como lo son levantados, fundiciones, subcontratos de pintura, subcontratos de herrería, entre otros. Para los trabajos que se analizarán para este trabajo, se enfocará el análisis en los trabajos de obra gris.

11.1. Técnicas de recopilación de datos

- Observación directa: se contará con acceso a la información del presupuesto de la obra de construcción, así como contacto con el gerente del proyecto, el cual proveerá acceso a la planificación y programación del mismo.
- Entrevistas: se realizarán entrevistas con el personal administrativo para poder establecer los diagramas de flujo pertinentes al proceso constructivo. Así mismo se realizarán entrevistas a otros gerentes del proyecto de la empresa, centrándose en aquellos que hayan llevado a cabo proyecto de construcción de edificios, con el objetivo de caracterizar las fases constructivas más relevantes, los problemas más recurrentes y las soluciones aplicadas.
- Registros: Se analizarán registros de proyectos de construcción de edificios de vivienda para determinar un historial de relación entre variaciones de tiempos contractuales y los costos de ejecución del proyecto.

11.2. Técnicas de análisis de la información

Debido a que este trabajo se realizara de forma cuantitativa, ya que las variables a analizar dentro del presupuesto y planificación son las variables de tiempo y costo, y el diseño es experimental, debido a que la proyección del modelo de sobrecostos deberá de ser evaluado y corregido de forma semanal y debido a que este trabajo se centrara el proceso constructivo de fundiciones de losa. Se emplearán las siguientes técnicas de análisis de información:

- Análisis de series temporales: si bien, dentro del campo de la construcción, los plazos de tiempo que requiere cada fase de la obra, son datos que se conocen a través de la experiencia, para este trabajo se realizará una proyección y análisis para la esta construcción en específico, debido a que se deben de tomar en cuenta las variables de la capacidad del personal que estará laborando así como las condiciones específicas de esta obra, como la complejidad de cada nivel a construir y el acceso a los materiales dependiendo de cada nivel a trabajar. Se emplearán modelos de suavizado exponencial, tomando factores como lo son mano de obra y el consumo de los materiales necesarios.
- Matriz de análisis para toma de decisiones: contando con la proyección de los sobrecostos en función de tiempos de atrasos, se elaborará una matriz de análisis para evaluar la toma de decisión en cuanto al uso de concreto tradicional o concreto con acelerante de fraguado, tomando en cuenta los aspectos de los costos que tendrán las fundiciones y el tiempo de espera de fraguado que tiene cada, versus el tiempo que se puede ganar con el uso de aditivos acelerantes de fraguado en pos de recuperar tiempos atrasados por causa de cualquier imprevisto.
- Coeficiente de correlación de Pearson: como se ha mencionado dentro del presente trabajo, existe una relación entre el atraso y los sobrecostos,

se empleará el coeficiente de correlación de Pearson para determinar el nivel esta relación

$$r = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Dónde:

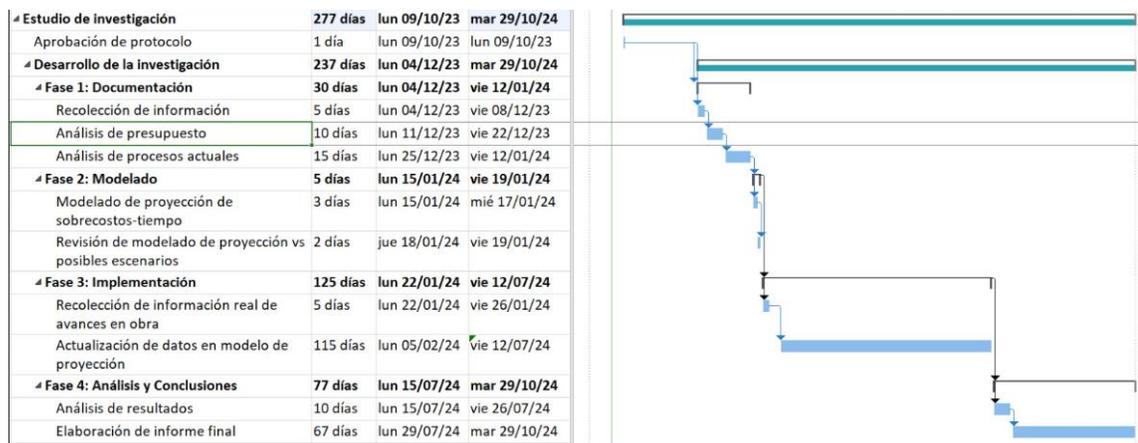
- N = Número de valores o elementos.
- $\sum xy$ = la suma de los productos de las puntuaciones emparejadas.
- $\sum x$ = la suma de puntuaciones de costos.
- $\sum y$ = la suma de puntuaciones de tiempos.
- $\sum x^2$ = Suma de cuadrados de los costos.
- $\sum y^2$ = Suma de cuadrados de tiempos.

12. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma que detalla los tiempos de trabajo en cada una de las fases de este trabajo de investigación, cabe destacar que el proyecto en el cual se desarrollara este trabajo iniciara sus trabajos de construcción hasta enero del año 2024, sin embargo a finales del mes de noviembre e inicios del mes de diciembre, se tendrá acceso tanto al presupuesto como a la planificación de la obra.

Figura 5.

Cronograma de labores



Nota. El gráfico muestra el cronograma que se empleara para la elaboración del presente trabajo de graduación. Elaboración propia, realizado con Project.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente estudio cuenta con una naturaleza cuantitativa por lo cual los recursos físicos que se emplearán son:

- Computadora.
- Calculadora.
- Impresiones.

La empresa a cargo de la construcción ya ha accedido de forma verbal a proporcionar acceso a toda la información pertinente a la construcción del edificio de vivienda, el proyecto se denomina Apartamentos Girona, se ubicara en 19 calle 13-52 zona 1 de la Ciudad de Guatemala. Este proyecto es desarrollado en el formato Vivienda Prioritaria – Vivienda Venta Libre.

Debido a la ubicación del proyecto, no se incurrirá en gastos significativos, aunque si se incluirán gastos de comida y combustible. A continuación se presenta un desglose de los gastos que se tendrán durante la realización de este trabajo.

Tabla 4.

Recursos necesarios para la investigación

Recursos	Costo
Dos resmas de hojas	Q. 120.00
Viáticos (combustible y alimentación)	Q. 2,000.00
Impresiones	Q. 800.00
Asesor	Q. 3,000.00
TOTAL	Q. 5,920.00

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

REFERENCIAS

- Alarcón, L. & Pellicer, E. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*, No. 3.496, 45-52. https://www.academia.edu/6557685/La_producci%C3%B3n_sin_p%C3%A9rdidas_aplicada_a_la_construcci%C3%B3n.
- Angulo, J. (2018). *Contribución económica del sector construcción e impacto del exceso de trámites*. Cámara Costarricense de la Construcción. <https://www.academiaca.or.cr/wp-content/uploads/2018/05/Contribuci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-del-sector-construcci%C3%B3n-e-impacto-del-exceso-de-tr%C3%A1mites-ACA.pdf>
- Aziz, F. & Abdel, A. (2016). *Exploring delay causes of road construction projects in Egypt* [Explorando las causas de los atrasos en proyectos de construcción de carreteras en Egipto]. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515-1539. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>.
- Babastre, V., Padilla, C., Sandoval, P. y Tinoco, J. (2022). *Diagnóstico y diseño de una oficina de Gestión de Proyectos (PMO) para Avenir Group Inmobiliario*. [Tesis de Maestría, Universidad Tecnología del Perú]. Archivo digital. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6816/B.Babastre_C.Padilla_P.Sandoval_J.Tinoco_Trabajo_Investigacion_Maestria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barbero, J. (2013). *La Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina*. Ediciones CAF. <https://bivica.org/files/infraestructura-desarrollo-integral.pdf>.

Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Joao, M., Mukund, S., Parsons, M., Bertram, N., Brown, S. (2017). *Reinventing construction through a productivity revolution* [Reinventando la construcción a través de la revolución productiva]. McKinsey & Company <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>.

Benites, J. y Mendoza, A. (2023). *Evaluación del índice de producción, ratio y rendimiento de la mano de obra con la metodología Lean Construction durante la ejecución de las partidas de encofrado, concreto y tarrajeo en el proyecto multifamiliar "Luciana"-2021*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnología del Perú]. Archivo digital. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/7348/J.Benites_A.Mendoza_Trabajo_Investigacion_Maestria_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cabrera, Y., Guadalupe, J., Medrano, G. y Villalobos, M. (2022) *Influencia del mecanismo de obra por impuestos en el financiamiento de proyectos de inversión pública por parte de empresas privadas en los departamentos Amazonas, Áncash, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura, San Martín y Tumbes del Perú desde el año 2016 al 2022*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnología del Perú]. Archivo digital. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6818/Y.Cabrera_J.Guadalupe_G.Medrano_M.Villalobos_Trabajo_Investigacion_Maestria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Caccamese, A., Bragantini, D. (2012). *Beyond the iron triangle* [Más allá del triángulo de hierro]. <https://www.pmi.org/learning/library/beyond-iron-triangle-year-zero-6381>.

Cámara Guatemalteca de la Construcción (julio de 2023). *Listado de Precios de Materiales*. <https://estadistica.construguate.com/listado-de-precios-de-materiales-de-construccion/>

Castro, M., Osorio, C., Aristizábal, D. y Alzate, A. (2021). *Construction Innovation: A bibliometric perspective* [Innovación en la Construcción: Una perspectiva bibliométrica]. CHAP. https://www.researchgate.net/publication/349179794_Construction_innovation_A_bibliometric_perspective

Cervantes, A. (1999). *Metodología para la planeación, elaboración y control de presupuestos de obra*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. <http://hdl.handle.net/11191/222>.

Chamoun, Y. (2002). *Administración profesional de proyectos La Guía*. Editorial McGraw-Hill/Interamericana. <https://estadiapractica.files.wordpress.com/2015/02/admon-profe-proyecos-la-guia.pdf>

- Cuamatzin, F. (2006). *Inversión pública e inversión privada. Excluyentes o complementarias.* Año XI, números 31-32. <http://www.eco.buap.mx/aportes/revista/31%20Ano%20XI%20Numero%2031-32,%20enero%20-%20agosto%202006/04%20Inversion%20publica%20e%20inversion%20privada.%20Excluyentes%20o%20complementarias-%20Fortunato%20Cuamatzin.pdf>.
- Drew (febrero de 2022). *Planificación y gestión de materiales en la construcción.* <https://blog.wearedrew.co/industria-de-la-construccion/planificacion-y-gestion-de-materiales-en-la-construccion>.
- García, R. (2021). *Proyectos de infraestructura en la etapa post-COVID-19.* Civilgeeks.com. <https://civilgeeks.com/2021/06/04/proyectos-de-infraestructuras-en-la-etapa-post-covid-19/>
- Giraldo, G., Castañeda, J., Correa, O., Sánchez, J. (2018). *Diagnóstico de prácticas de iniciación y planeación en gerencia de proyecto en pymes del sector de la construcción.* Edición Especial 2018, páginas 55-83. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/nspe/0120-8160-ean-spe-55.pdf>.
- Grande, L. (2021). *Prioridades del proyecto.* Civilgeeks.com. <https://civilgeeks.com/2021/05/21/prioridades-del-proyecto/>.
- Maestre, J. (2018). *Análisis comparativo sobre el sobrecosto y atraso en proyectos de construcción de túneles en el país de Colombia, enfocado al área de la gerencia y una temprana planificación de proyectos.* Unidades.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/34887/u820724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de Economía (2023). *Informe económico semanal*. (Edición II, año IV). <https://www.mineco.gob.gt/sala-de-prensa/noticias/leer-mas?id=66>.

Pinzón, J., Remolina, A (2017). *Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia*, Volumen 15. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-82612017000200051&script=sci_arttext.

Project Management Institute (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (7ma edición). [https://ibimone.com/PMBOK%207th%20Edition%20\(iBIMOne.com\).pdf](https://ibimone.com/PMBOK%207th%20Edition%20(iBIMOne.com).pdf).

Real Academia Española (Madrid). *Proyecto de edificación*. *Diccionario panhispánico del español jurídico*. Recuperado 29 de septiembre de 2023 de <https://dpej.rae.es/lema/proyecto-de-edificaci%C3%B3n>.

Riascos, A. (2012). *Modelo de gestión para el desarrollo de gerencia sostenible y sustentable de proyectos de construcción*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Archivo digital. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/41501>.

Salazar, S. (2002). *Costo y tiempo en edificación*. Editorial Limusa, S.A. <https://ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/750c670662e39713bff477f6d3ea9ce8.pdf>

APÉNDICES

A continuación, se presenta el matriz de coherencia correspondiente a los objetivos de este trabajo de investigación.

Apéndice 1.

Matriz de coherencia

Matriz de Coherencia			
	ELEMENTOS DEL PROBLEMA (elementos de la problemática identificada que lo llevan al establecimiento de cada pregunta/objetivo)	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
GENERAL	En la fase de planificación se delimitan los procesos constructivos, de esta forma, se planifican tiempos y se proyectan costos de ejecución. Durante la ejecución de un proyecto de construcción, se dan muchas variables que afectan principalmente al tiempo de ejecución, estas variables pueden ser imprevistos o necesidades del cliente.	¿Cómo reducir o evitar sobrecostos derivados de la variación en presupuesto y tiempos de ejecución en la construcción de un edificio de 12 pisos?	Diseñar un modelo de gestión de procesos en la construcción de un edificio de 12 pisos con muros de concreto reforzado para mitigar sobrecostos generados por atrasos.

ESPECÍFICOS	Debido a que las variaciones entre la situación planteada durante la planificación y la realidad que se da durante la ejecución, se tiene como ocurrencia normal e inevitable la variación en tiempos de ejecución versus el cronograma inicial.	¿Cuál es el monto de variación de costos generado por los atrasos?	Estimar la variación de costos generado por la variación de tiempos de ejecución.
--------------------	--	--	---

Continuación de tabla, Matriz de Coherencia

Debido a que las variaciones del cronograma inicial son inevitables, durante la ejecución del proyecto, se realizan acciones como el cambio metodologías constructivas, con el fin de influenciar los tiempos y costos de las fases de construcción	¿Cómo determinar el impacto y viabilidad de acciones correctivas que se emplean para reducir atrasos?	Detallar el proceso de evaluación de los procesos constructivos en sus variables tiempo y costo para elegir cambios de procesos que afecten de forma positiva a los costos del proyecto.
Debido a que en la fase de ejecución surgen situaciones que no se tenían contempladas durante las fases de inicio y planificación, suelen generarse nuevas necesidades, estas necesidades pueden originarse desde procesos constructivos, los cuales son responsabilidad del ejecutor, o las necesidades pueden surgir de parte del cliente final, lo que generan cambios que son sujetos a variaciones del monto del contrato y afectan al presupuesto y al cronograma de ejecución	¿Cómo determinar el impacto causado por los cambios requeridos por el cliente y que afectan a la planificación original de los tiempos de ejecución?	Cuantificar el impacto generado por la variación de actividades, considerando las variaciones de costos y la variación de tiempos de ejecución.

Nota. Matriz de coherencia. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.