



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

**“ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN
DEL RIESGO DE SOBRECOSTO EN
LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE
LOS PROYECTOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
(CONSTRUCCIÓN)

PRESENTA:
HUMBERTO DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA



DIRECTOR DE TESIS:
M. I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ

Ciudad Universitaria, México, D.F.; 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente: **M.C. ESTEBAN FIGUEROA PALACIOS**
Secretario: **ING. ERNESTO RENÉ MENDOZA SÁNCHEZ**
Vocal: **M.I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ**
1er. Suplente: **M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS**
2do. Suplente: **ING. LUIS ZARATE ROCHA**

Lugar donde se realizó la tesis: **MÉXICO, D.F.**

DIRECTOR DE TESIS:
M.I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ

FIRMA

Dedicatoria

A mi familia, por el amor y apoyo
absoluto que siempre me brinda.

Agradecimientos

Al Señor, **Jehová**, por ser mi proveedor, mi sanador, mi fortaleza, mi bandera, mi justicia y mi defensor; por estar conmigo siempre y nunca dejarme caer.

A mis padres, **Humberto y Luz María**, por su amor y apoyo incondicional; por su guía y confianza en la realización de mis objetivos; por su comprensión y ejemplo de vida.

A mi eterna y solidaria compañera, **Yolanda**, por su apoyo en todas mis decisiones y por estar ahí cuando la necesito; por enseñarme que la mente determina lo que es posible y el corazón lo sobrepasa, por lo que es mejor un corazón lleno de amor que una mente llena de conocimiento.

A mis hijos, **Emmanuel y Renata**, por ser mi motivación constante para buscar superarme en todos los ámbitos; por mostrarme a base de su amor y ternura aspectos de la vida que antes desconocía.

A mis hermanos, **Emmanuel de Jesús y Wendy Yuxil**, por el cariño y apoyo que nos tenemos y por las muestras de unidad y fuerza que me demuestran que nadie nos verá derrotados.

A mi director de tesis, **maestro Salvador**, por su apoyo y dedicación de su tiempo al desarrollo de este trabajo de investigación; por su paciencia y comprensión; por sus consejos y recomendaciones.

A mis profesores y sinodales, por su tiempo, dedicación, esfuerzo, orientación, enseñanza y profesionalismo.

A mis familiares y amigos, por los momentos únicos, la lealtad y la confianza.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, por los conocimientos adquiridos y por la excelente formación profesional lograda.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por apoyar a los jóvenes con aspiraciones de un nivel de posgrado.

Resumen

Los estudios en proyectos de construcción públicos y privados muestran frecuentes, y en ocasiones substanciales, incrementos en los costos estimados inicialmente, haciendo evidente el riesgo que tienen las empresas constructoras de tener sobrecostos al ejecutar las obras, debido a la gran incertidumbre que rodea la naturaleza de las mismas. La metodología de administración de riesgos puede ser utilizada para analizar y cuantificar ese riesgo, en la etapa de construcción, y así poder asignar una prima de riesgo o fondo de contingencia, la cual podrá adicionarse al costo estimado del proyecto. De esta forma se puede reducir la probabilidad de tener sobrecostos y al mismo tiempo ofrecer una proposición económica competitiva que permita obtener el contrato de la obra.

Durante mucho tiempo la metodología de administración de riesgos no ha sido aprovechada a pesar de los beneficios que ésta ofrece. La falta de conocimiento y los prejuicios sobre la aplicación de la misma la han convertido en una herramienta poco utilizada. Además, la industria de la construcción, cada vez más abierta a la competencia global, necesita incorporar las mejores prácticas internacionales para hacer frente a la apertura de los mercados.

Por lo anterior, el objetivo de esta tesis es proponer la aplicación de una metodología sistemática de administración de riesgos la cual pueda ser utilizada por las empresas constructoras antes de presentar sus proposiciones económicas ante el cliente, para analizar y cuantificar la incertidumbre de costo y duración en la etapa de construcción de los proyectos, siendo el punto crítico la toma de decisiones frente a la retención de un riesgo o frente a su transferencia.

Palabras clave:

Análisis de riesgos, cuantificación de riesgos, administración de riesgos, riesgo de sobrecosto, incertidumbre.

Abstract

The studies in public construction projects and private show frequent and sometimes substantial increases in the costs initially estimated, making evident the risk that have construction companies have cost overruns to the run the works, due to the large uncertainty that surrounds the nature of the same. The methodology of risk management can be used to analyze and quantify this risk, in the construction phase, and thus be able to assign a risk premium or contingency fund, which may be added to the estimated cost of the project. This way you can reduce the likelihood of having cost overruns, and at the same time offer a proposition economic competitive that will achieve the construction contract.

For a long time the methodology of risk management has not been exploited in spite of the benefits this offers. The lack of knowledge and prejudices on the implementation of the same have become a tool little used. In addition, the construction industry, increasingly open to global competition, you need to incorporate the international best practices to cope with the opening up of markets.

On the foregoing, the aim of this thesis is to propose the implementation of a systematic methodology for risk management which can be used by the construction companies before presenting its economic propositions to the customer, to analyze and quantify the uncertainty of cost and duration in the construction phase of projects under the critical point decision-making in front of the risk-retention or in front of their transfer.

Keywords:

Risk analysis, Risk quantification, Risk management, Risk of cost overruns, uncertainty.

Índice general

Contenido	Pág.
Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract	6
Índice general	7
Introducción	10
Capítulo I. El sobrecosto en la ejecución de proyectos	
I.1 Variación de costos en la industria de la construcción	17
I.2 Experiencias en proyectos con sobrecosto.....	18
I.3 Causas que generan sobrecosto	19
I.3.1 Estimación errónea del alcance del proyecto	19
I.3.2 Administración y desempeño organizacional.....	20
I.3.3 Causas exógenas.....	21
I.3.4 Limitaciones en los métodos de estimación de los costos	22
Conclusión capitular	22
Capítulo II. Los tipos de contratación y la distribución del riesgo	
II.1 Tipos de contrato.....	24
II.1.1 Contrato por administración	24
II.1.2 Contrato a precio unitario	26
II.1.3 Contrato a precio alzado	27
II.1.4 Contrato mixto	27
II.2 Distribución de riesgos entre contratista y cliente.....	27
II.2.1 Distribución de riesgos	28
II.2.2 Importancia de riesgos	29
II.2.3 Comparación del estudio ASCE de 1993 con el del año de 1979	29
Conclusión capitular	30

Capítulo III. El riesgo y la administración de riesgos

III.1 Riesgo	32
III.1.1 Definición.....	32
III.1.2 Principales fuentes de riesgos	33
III.1.3 Clasificación de riesgos.....	34
III.2 ¿Qué es la administración de riesgos?	35
III.2.1 Propósitos de la administración de riesgos.....	35
III.2.2 Naturaleza de la administración de riesgos	35
III.2.3 Plan de administración de riesgos	36
III.2.4 Ventajas y limitaciones de la administración de riesgos.....	37
III.3 Situación actual de la administración de riesgos en México.....	38
III.4 Las barreras de la administración de riesgos	43
Conclusión capitular	44

Capítulo IV. Metodología de la administración de riesgos

IV.1 Identificación de riesgos	46
IV.1.1 Lluvia de ideas	47
IV.1.2 Entrevistas y cuestionarios	47
IV.1.3 Listas de verificación.....	47
IV.1.4 Técnica de grupo nominal.....	48
IV.1.5 Diagramas causa – efecto	48
IV.1.6 Técnica de análisis de procesos.....	50
IV.2 Análisis y cuantificación de riesgos	51
IV.2.1 Diagramas de flujo	51
IV.2.2 Método del porcentaje total.....	52
IV.2.3 Método del porcentaje detallado.....	52
IV.2.4 Método del árbol de decisiones	53
IV.2.5 Matriz probabilidad – impacto	54
IV.2.6 Método de Simulación Monte Carlo.....	55
IV.3 Respuesta al riesgo	56
IV.3.1 Evitar el riesgo	56
IV.3.2 Reducir o prevenir el riesgo	57
IV.3.3 Retener el riesgo.....	57
IV.3.4 Transferir el riesgo	57
IV.3.5 Aceptar los riesgos	58

IV.3.6 Seguros	58
IV.4 Asignación de contingencias	58
IV.4.1 Método del CII para asignar fondos de contingencias de costo y tiempo a las actividades más importantes de un proyecto	59
IV.4.2 Método de control de proyectos con base en la administración de contingencias de costo y tiempo	60
Conclusión capitular	62
Capítulo V. Caso de estudio	
V.1 Identificación de riesgos	65
V.1.1 Lista de verificación	66
V.1.2 Diagrama causa – efecto	70
V.2 Análisis y cuantificación de riesgos	71
V.2.1 Método de Simulación Monte Carlo	71
V.2.2 Interpretación de los resultados de la simulación	76
V.3 Respuesta al riesgo	76
V.4 Asignación de contingencias	78
V.4.1 Método del CII	78
V.4.1.1 Contingencia de costo	78
V.4.1.2 Contingencia de tiempo	81
Conclusión capitular	81
Conclusiones	83
Apéndice A. Inflación en la construcción	86
Apéndice B. Cuestionario: administración de riesgos en la industria de la construcción en México	91
Apéndice C. Planos generales, presupuesto y programa de obra	95
Referencias	113
Índice de figuras	117
Índice de tablas	117

Introducción

Introducción

El transcurso del tiempo y el fracaso de proyectos debido a una planeación deficiente y, principalmente, a la ausencia de una metodología para administrar los riesgos inherentes, han puesto en evidencia la importancia de la administración de riesgos en la ejecución de los proyectos de construcción. Si bien es cierto que este tema solo ha cobrado importancia recientemente, existen las herramientas necesarias para analizar y elaborar estrategias de respuesta a los riesgos que eventualmente pueden afectar un proyecto.

Durante varios años de experiencia en el ámbito de la ingeniería civil, los profesionales específicamente dedicados a la ejecución de obras institucionales y de infraestructura pertenecientes al gobierno federal, han evidenciado el gran riesgo al que están expuestos, ejecutando proyectos sin tomar en cuenta una metodología que les permita disminuir las probabilidades de tener sobrecostos y retrasos en la ejecución de las obras.

Los sobrecostos y retrasos presentados durante la ejecución de una obra generan un riesgo económico tanto para los contratistas como para el cliente. Estos sobrecostos y retrasos se deben principalmente a subestimaciones de los costos directos e indirectos, variaciones en el alcance del proyecto, condiciones climáticas desfavorables, entre otros.

Tradicionalmente los contratistas han previsto estos sobrecostos fijando un sobreprecio estándar en la estimación, este sobreprecio generalmente resulta inadecuado para cubrir los riesgos, o puede ser tan grande que origine una proposición no competitiva. Sin embargo, tanto los sobrecostos como los retrasos en el programa pueden ser considerados desde la etapa de estimación asignando contingencias de costo y tiempo con base en un análisis de riesgo obteniéndose de esta forma, una estimación con un cierto nivel de confianza de no caer en sobrecostos ni retrasos en el programa.

La mayoría de las empresas constructoras mexicanas aún usan el método de porcentaje global para calcular un fondo de contingencia, el cual consiste en aplicar un porcentaje al costo total del proyecto por concepto de imprevistos.

Con base en las vivencias de proyectos en los que se ha tenido la oportunidad de participar, experiencias cercanas de organizaciones y profesionales que deben dejar sus proyectos inconclusos debido a los incrementos en los costos estimados, el presente trabajo de investigación propone la aplicación de una metodología sistemática de administración de riesgos para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de la incertidumbre que rodea la ejecución de proyectos de construcción con la finalidad de disminuir los riesgos de sobrecostos que impactan de manera negativa en la realización de los mismos y para ello se hará uso de toda la información disponible para la consecución del objetivo.

Conocer y aplicar una filosofía de administración de riesgos será sin duda un esfuerzo que se verá recompensado en la productividad de las empresas constructoras mexicanas ya que los beneficios que se pueden obtener se van a reflejar en ahorro de capital tanto para las empresas como para los clientes.

Descripción del problema y justificación de la investigación

Después de analizar el estado del sector de la construcción en nuestro país, y encontrar que es uno de los que se ve más claramente enfrentado a toda clase de riesgos, es de particular importancia tener en cuenta que requiere la implementación de diversos sistemas que le permitan administrar el riesgo, principalmente el riesgo de sobrecosto en la ejecución de los proyectos.

La administración de riesgos requiere la clara identificación de los factores que afectarán un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de generar estrategias definidas que sirvan de apoyo en la ejecución del proyecto a la hora de enfrentar las diversas situaciones de riesgo.

Las estrategias para la administración del riesgo pueden optar por variadas y diversas soluciones, ajustándose así a las necesidades del cliente y los diversos tipos de proyectos que se puedan presentar; es posible eliminar el riesgo, también se puede transferir, compartir o asumir según la situación a la que nos enfrentemos.

Por estas razones, se hace necesaria la formulación de una metodología, que permita a los constructores administrar los riesgos a través de un proceso de identificación, análisis y cuantificación, respuesta y control de los mismos.

Objetivo

Aplicar una metodología sistemática de administración de riesgos en un proyecto de construcción para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de la incertidumbre que rodea su ejecución, con la finalidad de disminuir el riesgo de sobrecosto que puede impactar de manera significativa en la realización de los proyectos.

Alcance

Esta tesis tiene como finalidad realizar el análisis y la cuantificación del riesgo de sobrecosto en la etapa de construcción de un proyecto basándonos en una metodología sistemática de administración de riesgos que nos permita formular una estrategia de respuesta al riesgo por medio de la asignación de fondos de contingencia. Dado que la finalidad es únicamente analizar, cuantificar e implementar una estrategia de respuesta de un proyecto que aún está en proceso de licitación, no se aborda el tema de monitoreo y control de los fondos de contingencia asignados, producto del análisis de riesgos. En cuanto a los tipos de contratación, aunque existe gran variedad de ellos en la industria de la construcción en México, únicamente se mencionan los señalados en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) que pueden ser aplicados tanto en el sector público como en el sector privado.

Hipótesis

Las empresas dedicadas a la construcción en México, no utilizan una metodología de administración de riesgos que les ayude a disminuir el impacto de los riesgos inherentes a los proyectos, especialmente el de sobrecosto, siendo esto una de las causas por la que no se alcanza el éxito en los mismos.

El principal impedimento para la aplicación de la administración de riesgos en nuestro país radica en que la mayoría del sector dedicado al ramo de la construcción no está familiarizado con las técnicas de administración de riesgos ni con el uso de los conceptos estadísticos y probabilísticos.

Las empresas constructoras del país no llevan ningún tipo de registro de los costos finales ni de las causas que originan los sobrecostos en los proyectos.

Metodología

La metodología para la realización del presente trabajo de investigación se describe a continuación.

- Se realizó una investigación sobre los factores que son responsables directos del sobrecosto en la ejecución de los proyectos de construcción así como algunas experiencias de empresas constructoras que resultaron desastrosas por no prever este tipo de riesgo.
- Se realizó una investigación para conocer la forma en que se distribuye el riesgo entre el cliente y el contratista, siendo el contrato una de las herramientas más utilizadas por lo que se llevó a cabo la recopilación de información sobre algunos de los tipos de acuerdos contractuales más utilizados en el medio e indicados en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM).
- Se aplicó un cuestionario a algunas de las empresas constructoras importantes del país con la finalidad de indagar sobre las técnicas de administración de riesgos que utilizan actualmente en la industria de la construcción.
- Se realizó una investigación para conocer la clasificación de los riesgos y las principales fuentes de éstos. Se recopiló información sobre la metodología sistemática para llevar a cabo la administración de riesgos en todas sus etapas y de las técnicas y herramientas disponibles para alcanzar los objetivos.
- Se implementó la metodología en un proyecto de construcción para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de los riesgos que impactan en la ejecución, de acuerdo al objetivo del presente trabajo de investigación.
- Se llevaron a cabo las validaciones de la hipótesis planteadas en este trabajo de investigación referente a la administración de riesgos en proyectos de construcción y se obtuvieron las conclusiones del mismo.

Contenido

El presente trabajo está dividido en cinco capítulos. El capítulo I, *El sobrecosto en la ejecución de proyectos*, muestra las variaciones del costo en la industria de la construcción y los factores principales por lo que se genera este tipo de riesgos, así como las experiencias dolorosas que han sufrido algunas empresas constructoras por no prever el riesgo de sobrecosto en sus proyectos.

El capítulo II, *Los tipos de contratación y la distribución del riesgo*, hace una referencia a los tipos de contratación más utilizados en la industria de la construcción en México señalados en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas en su artículo 45 y que se aplican tanto en el sector público como en el sector privado, los cuales sirven como medida para protegerse de los riesgos en los proyectos. Muestra también la evolución de la distribución de los riesgos entre los contratistas y los clientes de la industria de la construcción a partir de los resultados de encuestas realizadas en 1979 y 1993 por la *American Society of Civil Engineers (ASCE)*.

El capítulo III, *El riesgo y la administración del riesgo*, enseña la definición de riesgo y proporciona un panorama de lo que es la administración de riesgos, desde su propósito, plan, naturaleza, hasta sus ventajas y limitaciones y las barreras que existen para su utilización. También da a conocer un breve panorama sobre la situación actual de la administración de riesgos en la industria de la construcción en México, resultado de un sondeo realizado a cien empresas constructoras importantes del país.

El capítulo IV, *Metodología de la administración de riesgos*, muestra las etapas de las que consta la metodología y las diferentes estrategias que se pueden tomar al enfrentar los riesgos en la ejecución de los proyectos. Además presenta información sobre las técnicas y métodos más utilizados para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de los riesgos inherentes a los proyectos en la etapa de construcción.

El capítulo V, *Caso de estudio*, ejemplifica un caso práctico mediante la aplicación de la metodología sistemática para analizar y cuantificar el riesgo de sobrecosto en la etapa de construcción del proyecto y se elabora una estrategia de respuesta por medio de la asignación de fondos de contingencia.

Capítulo I

**El sobrecosto en
la ejecución de
proyectos**

Capítulo I

El sobrecosto en la ejecución de proyectos

I.1 Variación de costos en la industria de la construcción

En la industria de la construcción, el proyecto que culmina al coincidir el costo final con el costo estimado inicial es la excepción a la norma. Generalmente factores no conocidos por completo influyen en la variación de los precios, en las cantidades, en el programa de obra, entre otros, y esto hace que los costos finales difieran en gran manera de los costos estimados al inicio del proyecto. Conforme avanza la ejecución del proyecto surgirá nueva información que modificará los costos finales.

A lo largo de la historia una gran variedad de proyectos han mostrado una variación en el costo, el cual es usualmente, y no sorprendente, un sobrecosto. Si los costos reales hubieran sido conocidos de antemano muchos de los proyectos realizados hasta ahora no habrían sido tomados por los constructores ya que no habrían superado el análisis costo-beneficio ^[28]. Con sobrecostos muy elevados muchos propietarios han sido atrapados en el principio de costos hundidos y conducidos a la catástrofe.

Grandes proyectos de construcción como desarrollos en transporte (carreteras, autopistas, aeropuertos) o regulación de aguas (drenajes, abastecimiento de agua potable) han producido importantes sobrecostos, sin embargo, estos proyectos han sido considerados exitosos. Lo que sucede es que los beneficios de estos proyectos han sido más subestimados que los costos en sí ^[28].

Otro gran problema derivado del sobrecosto es el financiamiento de los costos inesperados. El propietario del proyecto tendrá que buscar nuevos acuerdos con instituciones financieras, en ocasiones con la pena que implica estar ejecutando un proyecto ya arriba del presupuesto estimado y fuera de programa, y además de rentabilidad dudosa.

La mayoría de las fuentes que originan sobrecostos se deben a la desinformación en la etapa inicial del proyecto. La información faltante puede ser obtenida a través de estudios adicionales o mediante encuestas que tienen un cierto costo el cual puede ser compensado por la reducción de sobrecostos posteriores. Este es el motivo por el cual el equipo del propietario debe estimar el nivel óptimo de detalles y la integridad en el diseño. En ocasiones el exceso de optimismo de los desarrolladores o administradores de proyectos los lleva a subestimar los costos con tal de obtener un contrato con la esperanza de que en éste, en los cambios del proyecto o en los factores adicionales se les compensará por los bajos costos estimados [26].

I.2 Experiencias en proyectos con sobrecosto

De acuerdo a Harrison (1981) [18], los sobrecostos en proyectos pequeños comúnmente suelen variar entre el 10 y el 20%, mientras que en proyectos grandes (o megaproyectos con una inversión no inferior a los mil millones de dólares), principalmente aquellos con un desarrollo considerable o con mucha incertidumbre en las etapas tempranas de su ciclo de vida, el sobrecosto puede ser sorprendente. Por ejemplo, sobrecostos del orden del 50% han sido reportados en la construcción de plantas petroquímicas, del 140% en proyectos petroleros, y del 210% en plantas nucleares. La construcción del Canal de Suez es otro ejemplo de sobrecosto, el cual triplicó la cantidad estimada original en su construcción (Merewitz, 1972) [24].

En la literatura disponible en México, una experiencia en sobrecostos ha sido la construcción para las concesiones del sistema de carreteras de cuota a finales de 1994 y principios de 1995. El periodo comprendido entre 1989 y 1994 fue testigo de un esfuerzo concertado por parte del gobierno mexicano, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para mejorar, modernizar y extender la red estratégica de autopistas del país por medio de un ambicioso programa de concesiones. Se otorgaron 52 concesiones para carreteras de cuota con recursos limitados, las cuales cubrían más de 5,000 km. La inversión requerida de cerca de US\$13,000 millones fue financiada mediante el sector bancario local (50%), capital considerable de los concesionarios (30%) -fondeado a través de créditos comerciales caros con tasas de interés variables, de plazo limitado, y/o 'participación por obras' (es decir, el acuerdo mediante el cual una constructora edifica una instalación a petición de un concesionario, para posteriormente recibir una participación en la concesión)- y la última parte por una mezcla de contribuciones de capital/garantías del sector público (20%) [27].

El gran fracaso financiero de este programa es una leyenda, ejemplo importante de lo que puede fallar cuando se trata de iniciativas de concesiones de infraestructura nacional a gran escala. La solución posterior (conocida bajo la figura legal de 'rescate') se realizó de dos maneras: El gobierno federal asumió 40% del programa -es decir, 20 concesiones que incluían 22 autopistas- y una nueva entidad gubernamental (FARAC- Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas) se hizo cargo de los créditos bancarios vigentes por cerca de US\$5,000 millones, a través del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS). No hubo compensaciones para los accionistas y algunas estimaciones sugieren que perdieron aproximadamente US\$3,000 millones ^[27]. Varios concesionarios enfrentaron desafíos debido a la preparación inadecuada del diseño, información incompleta de la propuesta, omisión en la ingeniería independiente limitada, y los cambios finales realizados al programa de los trabajos de construcción propuestos por el gobierno federal, lo que produjo excesos en los costos y demoras en el calendario.

En promedio, los costos se excedieron en 30% y al menos un proyecto registró un incremento de 200% tal fue el caso de la autopista Cuernavaca-Acapulco que, de acuerdo al Banco Mundial, además, tuvo un retraso de 30 meses en su construcción.

I.3 Causas que generan sobrecosto

Las siguientes causas de sobrecosto son mencionadas frecuentemente en la literatura como las que elevan el costo en los proyectos ^[25]:

- Estimación errónea del alcance del proyecto
- Administración y desempeño organizacional
- Causas exógenas
- Limitaciones en los métodos de estimación de los costos

I.3.1 Estimación errónea del alcance del proyecto

La inadecuada anticipación en el tiempo de una estimación temprana de todas las instalaciones físicas y aspectos esenciales necesarios para satisfacer los propósitos de un proyecto tanto en los aspectos

legales, administrativos y condiciones políticas son las causas subyacentes de los cambios en los costos. Podemos distinguir los siguientes:

- Cambios en el alcance. Son cambios en el tamaño concebido del proyecto y en las características entre la estimación original, el diseño final y la construcción. Los cambios en el alcance son más comunes en los proyectos de gran tamaño porque ellos permiten más tiempo para realizar cambios y aumenta la probabilidad de que el cliente pedirá esos cambios. Los alcances del proyecto pueden cambiarse debido a razones exógenas o endógenas, por ejemplo, el cliente puede cambiar de opinión debido a condiciones económicas o políticas, o puede necesitar cambios debido a estándares de seguridad.
- Cambios en el diseño. Son comúnmente la consecuencia de los cambios en el alcance y se correlacionan también con la duración del proyecto. Las modificaciones en el diseño pueden tener un impacto significativo en los costos. Las fuentes del cambio en el diseño son, además de las condiciones exógenas, estudios preliminares inadecuados e incompletos, lo cual puede afectar substancialmente la exactitud de la estimación. Si esos cambios en el diseño se realizan cuando la obra está muy avanzada entonces el impacto de los costos será aún mayor.
- Otros cambios. Puede haber otros cambios como lo son los de diseño de la seguridad o la creación de nuevas especificaciones y la variación en las cantidades de material debido a pérdidas, robo o remodelaciones.

I.3.2 Administración y desempeño organizacional

El administrador del proyecto es responsable de la organización, liderazgo, control, coordinación e integración de los esfuerzos del personal involucrado en un proyecto de construcción. El administrador del proyecto y el desempeño de la organización pueden tener un impacto considerable en el costo de un proyecto. Algunos factores pueden producir problemas de sobrecosto como lo son:

- La estructura organizacional. Una estructura organizacional del proyecto y procedimientos administrativos adecuados son esenciales para controlar los costos. Una mala coordinación, por

ejemplo, problemas entre grupos del proyecto o una doble supervisión, pueden llevar a problemas de sobrecosto.

- La organización de los recursos humanos. La competencia, la experiencia histórica y la utilización eficiente del personal son factores que afectan el incremento de los costos. Este personal puede ser de la propia empresa constructora o asesores contratados, los cuales son especialistas en alguna fase del proyecto.
- Planeación y control del proyecto. La falta de utilización de sistemas efectivos de planeación y técnicas administrativas de control eficientes puede llevar a la generación de sobrecostos.

I.3.3 Causas exógenas

Un gran número de factores que están fuera del alcance de control de la administración del proyecto pueden incrementar el costo de la estimación original. Algunos de ellos son:

- Inflación. En la industria de la construcción el nivel de precios cambia constantemente y eso se ve reflejado en la estimación de los proyectos. No considerar los cambios de la tasa inflacionaria puede llevar a estimaciones erróneas. Sin embargo, los cambios inflacionarios son difíciles de prever. Los costos dependerán de la particularidad del proyecto y de las condiciones del mercado (apéndice A).
- Normatividad y condiciones legales y políticas. La modificación de estas condiciones para alcanzar nuevos estándares y/o necesidades puede causar cambios en el alcance y en el diseño y por lo tanto llevar al aumento en los costos estimados.
- Otros factores exógenos. Estos incluyen el mal estado meteorológico, huelgas, y fallas de los proveedores al surtir el material o equipo convenido.

I.3.4 Limitaciones en los métodos de estimación de los costos

Existe una correlación entre el tipo de proyecto y la exactitud de la estimación de los costos para varios tipos de proyectos públicos. En proyectos que tienen diseños muy complejos se han presentado grandes variaciones en la estimación de los costos. Las limitaciones de las técnicas de estimación quedan en evidencia cuando se trata de estimar los costos de proyectos de gran magnitud y con tiempos de ejecución demasiados largos [29].

Conclusión capitular

Factores no conocidos por completo influyen en la variación de los precios, en las cantidades, en el programa de obra, entre otros, y esto hace que los costos finales difieran en gran manera de los costos estimados al inicio del proyecto. Otro gran problema derivado del sobrecosto es el financiamiento de los costos inesperados.

La mayoría de las fuentes que originan sobrecostos se deben a la desinformación en la etapa inicial del proyecto. En proyectos pequeños los sobrecostos, comúnmente suelen variar entre el 10 y el 20%, mientras que en proyectos grandes el sobrecosto puede llegar hasta el 200%.

En México, un ejemplo ilustrativo en cuestión de sobrecostos en proyectos ha sido la construcción para el sistema de concesiones de carreteras de cuota a mediados de los años noventas, en el cual los inversionistas perdieron mucho dinero debido a los sobrecostos de más de 30% a la estimación original.

Las lecciones de la experiencia indican que no caben en los grandes proyectos ni los entusiasmos apasionados ni las reacciones adversas a ciegas. Es necesario, en todos los casos, realizar estudios completos de factibilidad técnica, económica y financiera y evaluar en detalle todos los posibles riesgos que pueden generar los sobrecostos en los proyectos.

Capítulo II

**Los tipos de
contratación y la
distribución del
riesgo**

Capítulo II

Los tipos de contratación y la distribución del riesgo

El riesgo de sobrecosto en un proyecto de construcción depende principalmente del tipo de acuerdo contractual que se realice entre el cliente y el contratista. Sin duda, cada tipo de contrato envuelve diferentes formas de compartir el riesgo. Existen varios enfoques alternativos de acuerdos contractuales para la ejecución de un proyecto. Cada tipo de acuerdo tiene ventajas y desventajas, y el tipo elegido tomará en cuenta las circunstancias particulares de cada caso.

II.1 Tipos de contrato

Se comenzará con un tipo de acuerdo que no está incluido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM, artículo 45) ^[21] pero que aún se utiliza (aunque cada vez menos) en el sector privado. En el resto de la sección se describirán las formas de contratación que señala la LOPSRM en su artículo 45, y analizaremos brevemente cómo la incertidumbre en el costo final puede ser desglosada o “explicada” en cada tipo.

II.1.1 Contrato por administración

Son contratos de prestación de servicios, se contratan los servicios de un profesional o empresa para la administración de la obra. En este tipo de contrato el constructor no actúa como empresario, ya que él aplica sus conocimientos para dirigir una obra, sin tener ninguna responsabilidad en cuanto a los riesgos y el costo, sin estar obligado tampoco a suministrar materiales, mano de obra y maquinaria. Se utiliza principalmente en obra privada, debido a que la normatividad de obras públicas no permite esta modalidad de ejecución en obra. Este tipo de contratación se emplea cuando las especificaciones y los conceptos de trabajo no están definidos y por lo cual no se puede hacer la cuantificación ^[5].

Como se puede apreciar, en este enfoque el cliente corre todos los riesgos de costos. El costo total actual es aleatorio en todos sus componentes, desde las cantidades por ser ejecutadas, mano de obra o costo de los equipos, todos son inciertos. Por lo tanto, se puede expresar el costo total del proyecto como:

$$\text{Costo total} = \text{Costo directo} + \text{Costos generales}$$

$$\text{CT} \qquad \qquad \text{CD} \qquad \qquad \text{CG}$$

Donde CD incluye todo el costo de la mano de obra, de los equipos y de los materiales que están asociados con alguna actividad o concepto de trabajo, mientras que CG incluye los costos indirectos y administrativos generales del proyecto.

Para estimación, control de costos y procesos contables, el CD es dividido en cuentas o conceptos de acuerdo a sus funciones. Una división similar se hace para los CG aunque usualmente sobre una base empírica. El CD puede ser dividido en: costo de mano de obra (MO), costo de maquinaria y equipo (ME) y costo de materiales (MA), por lo que se tiene que $CD_i = MO_i + ME_i + MA_i$. Estos componentes pueden ser disgregados en:

- $MO_i = C_i \times R_i \times S_i$
- $ME_i = C_i \times R_{mi} \times CH_i$
- $MA_i = C_i \times R_{mai}$

Donde;

C_i : cantidad de trabajo i (ejemplo: m^2)

R_i : rendimiento mano de obra i (hombre-hora/ m^2)

R_{mi} : rendimiento de maquinaria i (máquina-hora/ m^2)

S_i : salario de mano de obra i (\$/hombre-jornada)

CH_i : costo horario de maquinaria i (\$/máquina-hora)

R_{mai} : costo unitario de material i (\$/ m^2)

De lo anterior se puede deducir que el costo total de construcción del proyecto para el cliente es:

$$CT^* = \sum_{i=1}^n [C_i * (R_i * S_i + R_{mi} * CH_i + R_{mai})] + \sum_{j=1}^m CG_j^*$$

La variable aleatoria CT^* aparece ahora como una multiplicación y adición de variables aleatorias. Esta variación puede ser explicada a través de la variación de sus componentes. Descompuesto de esta manera, la tarea de cuantificar su incertidumbre se facilita. El equipo de estimación puede ahora adivinar un valor y un rango de variación, o mejor aún, una distribución de valores para cada variable ^[40]. La incertidumbre puede entonces ser propagada al costo total CT usando uno de los métodos de análisis y cuantificación de riesgos los cuales serán descritos más adelante.

II.1.2 Contrato a precio unitario

Los distintos trabajos que integran una obra se llevan a cabo mediante el pago de precios asignados a conceptos de trabajo. En el momento de entrega y ejecución de la parte realizada se hará el pago de un precio determinado; es decir, se paga conforme se realizan los conceptos de trabajo, ajustando los precios de los insumos a las variaciones del mercado, siempre que así lo hayan pactado con una cláusula de ajuste en el contrato. En este tipo de contrato, las especificaciones y los conceptos de trabajo deben estar definidos entre el 60 y el 90 por ciento, y las cuantificaciones son aproximadas para contratación ^[5].

Como se ha visto, en este tipo de contrato los precios de unidades específicas de trabajo son fijos, así que el costo total para el cliente variará con las cantidades actuales de unidades realizadas en el lugar. Esto aplica mejor donde los detalles y el carácter general del trabajo son conocidos, pero las cantidades son materia de variación con límites razonables. La mayoría de los riesgos pasan ahora al contratista, el cual incluirá en su oferta de precios unitarios el costo directo, los costos indirectos y utilidades, financiamiento y una asignación de contingencias. El costo total del cliente es entonces ^[40]:

$$CT^* = \sum_{i=1}^n [C_i * x PU_i]$$

Donde; CT^* : costo total

n: número de conceptos pagables en el contrato

C_i : cantidad del concepto i

PU_i : precio unitario del concepto i

La variable aleatoria CT^* aparece ahora como función de la variable C_i^* , lo cual indica que puede evaluarse el riesgo de sobre costo con algún método probabilístico.

II.1.3 Contrato a precio alzado

Este tipo de acuerdo contractual se refiere a una obra cuyo precio sea fijo a un tanto global, y requiere por lo mismo una invariabilidad en el precio. La ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas en la fracción II del artículo 45 y el Código Civil en sus artículos 2616 y 2645 regulan este tipo de contrato. El constructor se obliga a realizar una obra por precio fijo, soportando el riesgo de la misma. El convenio a precio alzado se negocia basándose en el análisis del ingeniero, y posteriormente se determina y conviene, en el porcentaje fijo de indirectos y utilidad, con lo cual se llega a un acuerdo en cuanto a los precios de mano de obra y el material propuestos por el contratista y los estimados del cliente. En el contrato a precio alzado las especificaciones y los conceptos de trabajo deben estar definidos al 100 por ciento y las cuantificaciones deben ser lo más exactas posibles ^[5].

Este tipo de acuerdo contractual transfiere todo el riesgo al contratista. Por lo tanto él preverá en su oferta una asignación de contingencias. Es decir, el cliente ahora tiene que pagar un plus por la certeza de un costo total final. Este costo total para el cliente es igual, por lo tanto, al precio único aceptado, es decir, es un precio fijo. Sólo en caso de cambios en el alcance del proyecto, se puede aceptar un nuevo precio.

II.1.4 Contrato mixto

Son acuerdos contractuales que combinan dos o más formas de contratación, comúnmente son parte a precio unitario y la parte complementaria a precio alzado.

II.2 Distribución de riesgos entre contratista y cliente

Los contratos tradicionales entre cliente y contratista han sido los de precio unitario y precio alzado debido a la oferta competitiva (en ocasiones negociados, en el caso de obra privada) aunque no significa que ellos sean los más apropiados, ni los que ofrezcan menos costos o sean los más efectivos. Cada vez más el riesgo en los proyectos se ha pasado del cliente al contratista, aunque el cliente tenga que pagar un poco más por su seguridad económica y por estar menos inmerso en la ejecución del proyecto de construcción. En ocasiones, cuando el contratista presenta una oferta muy alta debido a que ha colocado una alta asignación de contingencias, el cliente está dispuesto a asumir parte de los riesgos.

En los contratos de precios unitarios hay dos formas de hacerlo: el primero es incluir en el contrato cláusulas de ajuste de costos, las cuales prevén el incremento o decremento en los precios. El segundo es incluir cláusulas de órdenes de cambio bajo las cuales el cliente acepta la responsabilidad por el incremento en el costo si las condiciones difieren materialmente de los mostrados en los planos o en las especificaciones de construcción. De esta manera, el cliente paga los costos de contingencia si éstas toman lugar, pero si no se presentan entonces no los paga.

II.2.1 Distribución de riesgos

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio conducido por Kangari en 1993 [20], los riesgos se pueden categorizar según a quién se asigne su responsabilidad: contratista, cliente, ambos y sin decisión. Esos riesgos están listados en la tabla II.1. Por ejemplo, el riesgo correspondiente a productividad de trabajo y equipo tiene un 98% de responsabilidad por parte del contratista, la calidad tiene un 90% y así sucesivamente.

Tabla II.1 Distribución de riesgos

DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	%
Contratista	Productividad de trabajo y equipo	98
	Calidad de trabajo	90
	Disponibilidad de material, trabajo y equipo	88
	Seguridad	81
	Materiales defectuosos	78
	Actitud del contratista	71
	Inflación	70
	Cantidades de trabajo real	70
Cliente	Diferencias en la obra	94
	Diseño defectuoso	83
	Acceso al sitio y derecho de vía	83
	Permisos y ordenanzas	81
	Cambios en reglamentos gubernamentales	79
	Retraso en pagos de contrato	79
	Cambios en el trabajo	77
Ambos	Falla financiera	89
	Cambios en negociaciones	87
	Indemnizaciones	79
	Retraso en cierre de contrato	73
Sin decisión	Eventos de fuerza mayor	
	Retrasos por terceros	
	Daños a terceros	

Fuente: Estudio de Kangari, 1993

II.2.2 Importancia de riesgos

En la tabla II.2, se enlistan los riesgos de acuerdo a su importancia del 1 al 10. Como se puede observar, existe una gran desviación estándar en la escala debido a que no todos los riesgos son igualmente importantes entre los contratistas. Entre los riesgos listados como los más importantes, se encuentran aquellos que están entre 8.5 y 7.5, y los menos importantes se localizan entre 4.7 y 4.1.

Tabla II.2 Clasificación de los riesgos según su importancia

NIVEL DE IMPORTANCIA	DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS	Importancia	Desviación estándar
Más importantes	Seguridad	8.3	2.1
	Calidad de trabajo	8.2	2.2
	Diseño defectuoso	8.0	2.2
	Productividad de trabajo y equipo	7.6	2.6
	(Empate) Actitud del contratista / retraso en pago	7.5	2.5
Menos importantes	Cambios en reglamentos de gobierno	4.1	2.7
	Eventos de fuerza mayor	4.4	2.5
	Daños a terceros	4.6	1.8
	(Empate) Permisos y ordenanza / inflación	4.7	1.9

Fuente: Estudio de Kangari, 1993

II.2.3 Comparación del estudio ASCE de 1993 con el del año de 1979

En 1979 ^[7], la actitud de los contratistas mostraba un fuerte rechazo a aceptar responsabilidad sobre los riesgos de la construcción, se prefería pasar éstos al cliente. Sin embargo, el estudio de 1993 muestra un cambio en las tendencias de los riesgos entre el cliente y el contratista. En las tablas II.3 y II.4 se muestran los cambios observados.

Tabla II.3 Cambios sobre la responsabilidad de los riesgos entre los clientes y contratistas

CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS
Hacia el cliente	Diferencias en las condiciones del sitio Fallas financieras
Hacia el contratista	Eventos mayores Materiales defectuosos Inflación Cambios en las negociaciones Retraso en cierre de contrato Retrasos por terceros Indemnizaciones Cantidades de trabajo reales

Fuente: Estudio de Kangari, 1993

Tabla II.4 Cambios sobre los riesgos más importantes y menos importantes

TENDENCIA DE LOS RIESGOS	DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS
Aumento de importancia	Seguridad Disponibilidad de material, trabajo y equipo Diseño defectuoso Cambios en el trabajo Calidad de trabajo Fallas financieras
Disminución de importancia	Cantidades reales de trabajo Permisos y ordenanzas Acceso al sitio y derecho de vía Inflación Cambio de orden en las negociaciones Retraso en cierre de contrato Indemnizaciones

La actitud de los contratistas respecto a los riesgos ha atravesado por un periodo de transición donde el contratista ha tomado la responsabilidad de los riesgos que antes no eran de su competencia, como lo muestran las tendencias en la tabla II.3. El uso de seguros y fianzas se ha incrementado notablemente debido a que los contratistas han aceptado ciertos riesgos mediante planes de seguros para riesgos tales como: daños a terceros, materiales defectuosos y eventos de fuerza mayor (terremotos, ciclones, inundaciones, entre otros).

Conclusión capitular

La actitud de los contratistas respecto a los riesgos ha sido la de tomar una mayor responsabilidad de estos que antes no eran de su competencia. El aceptar esa responsabilidad ha aumentado cada vez más la utilización de seguros y fianzas para poder cubrir algunos de los riesgos inherentes a los proyectos.

La tendencia en la distribución de los riesgos de un proyecto dentro de la industria de la construcción mexicana difiere en mucho con la de los Estados Unidos de Norteamérica por ejemplo, donde los riesgos se distribuyen de una manera más equitativa entre constructor y cliente, mientras que en México esta distribución depende básicamente del tipo de acuerdo contractual que se haya pactado en él. Así por ejemplo, en el caso de un contrato por administración todo el riesgo recae en el cliente, en un contrato a precio alzado el riesgo recae básicamente en el constructor mientras que en un contrato de precios unitarios el riesgo se distribuye de una manera más o menos igual aceptando el constructor un poco más de riesgo que el cliente, pero este último comprometiéndose mediante cláusulas de ajuste de precios estipuladas en el contrato, en caso de incremento o decremento en los precios debido a la inflación, a efectuar un ajuste en los precios de conceptos de trabajo realizados en obra.

Aún cuando las mismas empresas constructoras reconocen tener la mayor responsabilidad en cuanto a la manera de distribuir los riesgos, no hacen nada para adoptar estrategias que les permitan reducirlos y enfrentarlos cuando éstos se presenten.

Capítulo III

**El riesgo y la
administración de
riesgos**

Capítulo III

El riesgo y la administración de riesgos

La administración de riesgos no debe ser vista y operada únicamente como una metodología sistemática de identificación, análisis, cuantificación, respuesta y control de riesgos por parte del administrador o constructor, sino que ésta debe llevarse a un nivel más allá donde los principales participantes de un proyecto se relacionen con el único objetivo de llevar a cabo su ejecución de manera exitosa, partiendo de las diferentes perspectivas y consecuencias a las que están sujetos cada uno de ellos respecto a los riesgos que pudieran presentarse. En proyectos de construcción, los principales actores que giran alrededor de la administración de riesgos son el constructor y el cliente debido a que en ellos recae la responsabilidad de solventar los efectos negativos de los riesgos inherentes a cualquier proyecto.

III.1 Riesgo

III.1.1 Definición

No existe una definición única de riesgo en la literatura. Algunas de las definiciones de riesgo son las siguientes:

- Es una medida de la incapacidad potencial para lograr los objetivos completos del programa dentro del alcance, costos, tiempo y limitaciones técnicas definidas (Jackson, 2004).
- Es el percance que puede tener un producto al ser terminado con menor calidad, costos más elevados, retrasos en el programa de actividades o no alcanzar en absoluto el propósito y la intención del proyecto ^[41].
- Riesgo, en su forma más básica, es la incertidumbre asociada a cualquier resultado ^[23].
- Riesgo implica los efectos de los acontecimientos que pueden o no ocurrir ^[32].

III.1.2 Principales fuentes de riesgos

Hay muchas razones acerca de por qué la industria de la construcción está expuesta a más riesgos que otras industrias, una de ellas es la naturaleza física de los productos. Esto involucra un mayor tamaño, mayor complejidad técnica, requiere un capital elevado y las obras se realizan en una amplia gama geográfica. Está hecha específicamente de acuerdo a las necesidades de cada cliente. La mayoría de los productos se elaboran en otros lugares. Otra razón de alto riesgo en los proyectos de construcción es que están involucrados muchos participantes, como lo son subcontratistas, socios de empresas conjuntas, consultores, diseñadores y el cliente. La estructura de la industria es otra razón. En la industria de la construcción, existen contratistas de diversos tamaños. Además, el procedimiento de selección mayormente utilizado por los clientes es la licitación competitiva donde los criterios de selección dependen básicamente de los factores de costo.

Las condiciones de la demanda constituyen otra fuente de riesgo en la industria de la construcción que a diferencia de los demás sectores, el precio debe ser estimado antes de la producción. Además, la incertidumbre puede aumentar el costo del proyecto. Otra razón de riesgo alto en proyectos de construcción es la vulnerabilidad a factores ambientales como condiciones climáticas, y a factores legales, políticos, económicos, entre otros.

Una de las dimensiones del riesgo es la “incertidumbre”, la cual puede ser definida como “la implicación de que existe un riesgo conocido de variación en un evento, el cual ocurrirá en determinado grado” [32]. A veces, la fuente de incertidumbre es no tener información suficiente de las definiciones, es decir, el riesgo existe cuando una decisión es expresada en términos de un rango de posibles resultados, y cuando las probabilidades conocidas pueden adjuntarse a los resultados. La probabilidad puede definirse como la proporción de ocurrencia en el número de casos igualmente probables. Por otro lado, existe incertidumbre cuando hay muchos resultados diferentes de un curso de acción, pero la probabilidad de cada resultado posible es desconocida. Sin embargo, el riesgo no siempre significa resultados negativos, en ocasiones el riesgo nos muestra la probabilidad de oportunidades. Es decir, el riesgo puede ser en sentido positivo o negativo.

En forma simbólica, el riesgo puede ser expresado como:

$$\text{Riesgo} = f(\text{incertidumbre de un evento, pérdidas potenciales/ganancias del evento})^{[1]}$$

III.1.3 Clasificación de riesgos

Los riesgos existentes en los proyectos de construcción se clasifican en diferentes categorías los cuales pueden ser localizados en tres niveles:

- Externos: de fuerza mayor, económico, político, de mercado, condiciones meteorológicas, entre otros.
- Internos: riesgo de cliente, riesgo de diseño, riesgo de subcontratista, riesgo de contrato, entre otros.
- Mixtos: riesgo de construcción, riesgo de material, riesgo laboral, riesgo de equipos, entre otros.

Desde la fase de licitación hasta el final de la construcción, las empresas constructoras están expuestas a muchos riesgos como a los arriba mencionados ^[10].

Alternativamente, de acuerdo al conocimiento de sus consecuencias y de la probabilidad de su ocurrencia, los riesgos pueden ser clasificados en: riesgos conocidos y de alta probabilidad de ocurrencia, riesgos conocidos y de baja probabilidad de ocurrencia, y riesgos desconocidos ^[9].

- Riesgos conocidos y de alta probabilidad de ocurrencia: son aquellos donde la probabilidad de ocurrencia es común y razonablemente entendida (variación en el precio de los materiales causado por las condiciones del mercado y la baja productividad por lluvias, entre otras).
- Riesgos conocidos y de baja probabilidad de ocurrencia: son aquellos que tienen severas consecuencias en caso de que ocurran pero su probabilidad de ocurrencia es baja, por lo que no se descartan (posibilidad de suspensión de labores debido a huelga, aumento excesivo generado por problemas políticos en México, caída de un aerolito, entre otras).
- Riesgos desconocidos: son aquellos sobre los que no se tiene siquiera idea de su ocurrencia y por lo tanto no se conoce su probabilidad de ocurrencia (un terremoto en zona no sísmica y el nacimiento de un volcán son ejemplos de este tipo de riesgo).

III.2 ¿Qué es la administración de riesgos?

La administración de riesgos se puede definir como el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento y la magnitud probable de efectos adversos que éste tenga, en la seguridad, en la salud, en el medio ambiente y en el bienestar público, durante un lapso específico determinado en este caso por el periodo de ejecución y operación del proyecto ^[1]. La administración de riesgos ayuda a minimizar los efectos financieros de pérdidas accidentales, con el fin de conservar o aumentar el capital de una empresa constructora.

Para Hayes (1987) ^[19], la administración de riesgos es la identificación, análisis de riesgo y respuesta al riesgo.

III.2.1 Propósitos de la administración de riesgos

- Identificar los factores específicos que pueden tener influencia considerable sobre los resultados del proyecto. De estos factores, unos pueden ser oportunidades o factores de éxito del proyecto; otros pueden traducirse en demérito de los productos o servicios por entregar, o en detrimento de la calidad del proyecto; ambos constituyen eventos de riesgo del proyecto.
- Determinar la probabilidad de ocurrencia, y estimar el impacto desfavorable de cada uno de los eventos de riesgo previamente identificados. Descartar los riesgos intrascendentes y establecer prioridades de los riesgos por considerar.
- Fijar estrategias para evitar o mitigar los riesgos; aprovechar al máximo las oportunidades y, en lo posible, convertir los riesgos en oportunidades.
- Adaptar una actitud pro-activa, más que reactiva, ante los riesgos, sin lo cual no es posible lograr ninguno de los propósitos anteriores.

III.2.2 Naturaleza de la administración de riesgos

El *Project Management Institute* (PMI) define la administración de riesgos de un proyecto de la siguiente manera:

“La administración de riesgos de un proyecto es el proceso sistemático de identificar, analizar y responder a los riesgos del proyecto. Incluye maximizar la probabilidad y consecuencias de los eventos positivos y minimizar la probabilidad y consecuencias de los eventos adversos a los objetivos del proyecto” [33].

Debe observarse que esta disciplina es arte y ciencia, lo cual significa que se basa en principios científicos, y aplica lineamientos con base racional. Pero intervienen en ella el juicio y la habilidad de la gerencia de proyecto para percibir los posibles eventos de riesgo y responder a ellos en forma adecuada. Dicha definición menciona, en relación con los riesgos, las acciones de identificar, analizar y responder, que corresponde a la secuencia lógica que debe seguirse.

El plan de la administración de riesgos no es un documento aislado que se formula al principio de un proyecto, sino que forma parte integral del proceso de planeación, y está sujeto al principio de la ola de avance, según el cual, el plan se revisa y se lleva a un mayor nivel de detalle a medida que el proyecto avanza y se cuenta con mayores datos de diseño, y mayor información sobre el entorno de los trabajos. Es particularmente importante revisar y actualizar el plan de administración de riesgos en los momentos en que se requiere tomar decisiones importantes.

III.2.3 Plan de administración de riesgos

Para llevar a cabo la administración de riesgos a lo largo del proyecto de una manera sistemática, es necesario contar con un plan de acción. El plan de administración de riesgos del proyecto describe la forma en que se llevarán a cabo los procesos de identificación, análisis y cuantificación, elaboración de respuestas y control de los riesgos, de conformidad con los objetivos del proyecto y las condiciones del ambiente en que éste se desarrolla a lo largo de todo su ciclo de vida. Según se detalla en el *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK, 2008) [33], el plan de administración de riesgos puede incluir, en forma no limitativa:

- Metodología. Describe los enfoques, métodos, herramientas y fuentes de datos que se utilizarán en el proceso, en cada una de las fases del ciclo de vida, y las prioridades respecto a los diferentes tipos de riesgo, según los objetivos del proyecto. Incluye los métodos de medición y análisis de los riesgos, cualitativos y cuantitativos, que se usarán a lo largo del proceso, a fin de

asegurar uniformidad de criterios, así como los umbrales por arriba de los cuales será necesario hacer un análisis y una cuantificación formal de los riesgos.

- Papeles y responsabilidades. Define la forma en que se integrarán los grupos responsables de la administración de riesgos en cada etapa, y el papel de los participantes. Los miembros de dichos grupos pueden ser internos o externos al proyecto, según se juzgue conveniente para asegurar la objetividad e imparcialidad del análisis, y deberán representar los diversos intereses que inciden en el proyecto.
- Programa y presupuesto. Establece la frecuencia y las circunstancias en que se llevarán a cabo los procesos de identificación, análisis y cuantificación, y la elaboración de respuestas, así como los recursos presupuestales requeridos.
- Formatos de informes. Describe formatos estándar para el análisis y cuantificación de los riesgos, y para la presentación de los planes de respuesta al riesgo y sus actualizaciones, para ser puestos a consideración de las partes con intereses. Se define la forma en que deberán documentarse las diferentes acciones y resultados del plan de respuestas al riesgo y las lecciones aprendidas.

El plan de administración de riesgos debe estar fundamentado en:

- El documento de autorización del proyecto.
- Las políticas de riesgo de la dirección general de la empresa.
- La tolerancia o aversión al riesgo del cliente y de otras partes con interés.
- La estructura de división del trabajo del proyecto, que define su alcance y sus componentes.

III.2.4 Ventajas y limitaciones de la administración de riesgos

Ventajas de la administración de riesgos:

- Menor incertidumbre.
- Consecución de los objetivos.
- Fiabilidad de los accionistas.

- Reducción del costo de capital.
- Creación de valor.

Limitaciones de la administración de riesgos:

- Si los riesgos son mal analizados y priorizados, el tiempo puede ser desperdiciado en hacer frente al riesgo de pérdidas que no son probables que ocurran.
- Pasar demasiado tiempo analizando y gestionando los riesgos poco probables que ocurran, puede desviar los recursos que podrían utilizarse de manera más rentable (ver inciso III.1.3).
- Cuando es poco probable que se produzcan los acontecimientos, y el riesgo es bastante improbable que ocurra, puede ser mejor, simplemente, mantener el riesgo, y de acuerdo con el resultado asumir la pérdida (ver inciso III.1.3).

III.3 Situación actual de la administración de riesgos en México

Para conocer la situación actual de las empresas constructoras mexicanas respecto a la metodología o técnica que emplean en la etapa de la administración de riesgos, se llevó a cabo un sondeo, dirigido a cien de las empresas constructoras importantes del país asociadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), consistente en la aplicación de un cuestionario (apéndice B) el cual estuvo conformado de cinco preguntas. El objetivo de las preguntas fueron obtener: las técnicas o métodos conocidos sobre la administración de riesgos y cuáles se aplican actualmente en la construcción; la identificación de las causas por la que las empresas constructoras no aplican ningún método o técnica; la forma en que las empresas constructoras mitigan los efectos de los riesgos de los proyectos de construcción; si las empresas llevan registros de los riesgos en los proyectos que ejecutan; y conocer la forma en que distribuyen los riesgos de los proyectos de construcción entre ellas y el cliente. Únicamente el 30% respondió el cuestionario. Los resultados y el análisis de las respuestas se muestran a continuación.

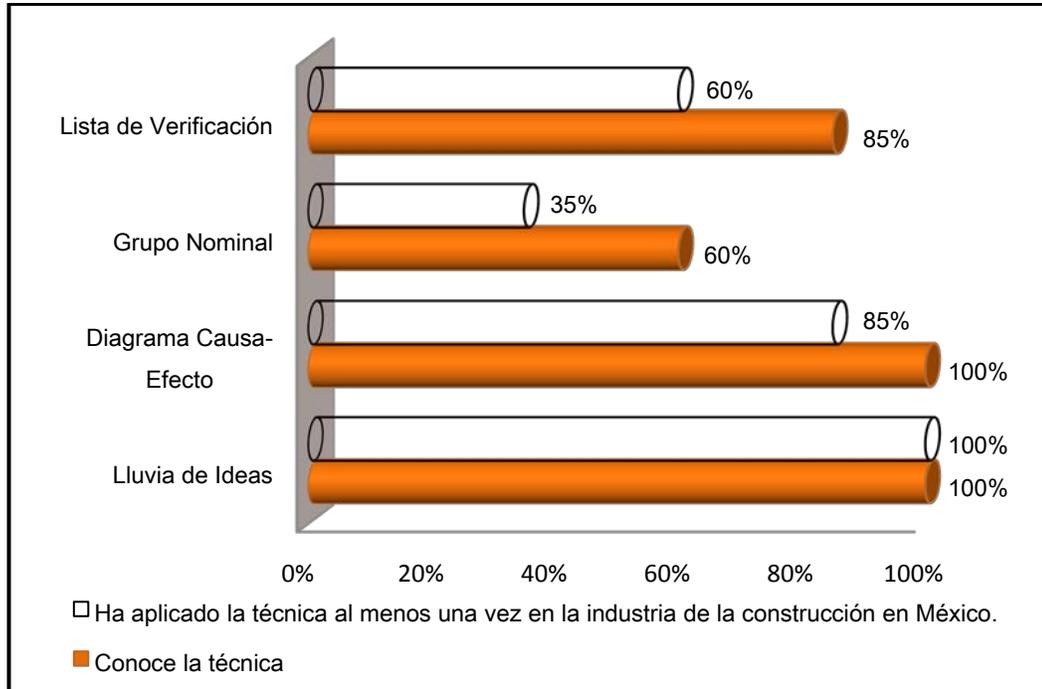


Figura III.1 Técnicas de la etapa de identificación de riesgos conocidas y aplicadas en la industria de la construcción en México

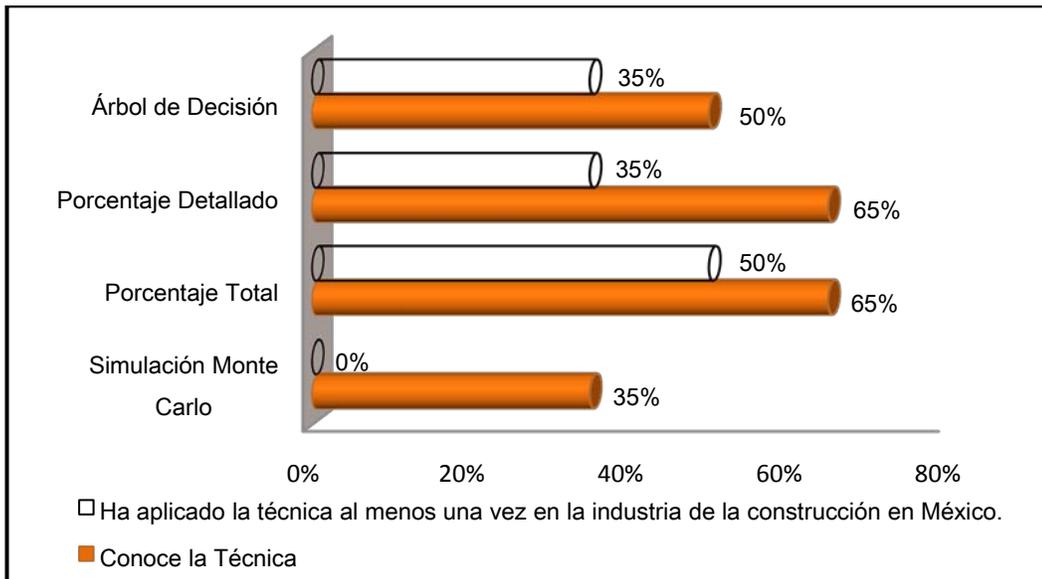


Figura III.2 Métodos de la etapa de cuantificación de riesgos conocidos y aplicados en la industria de la construcción en México

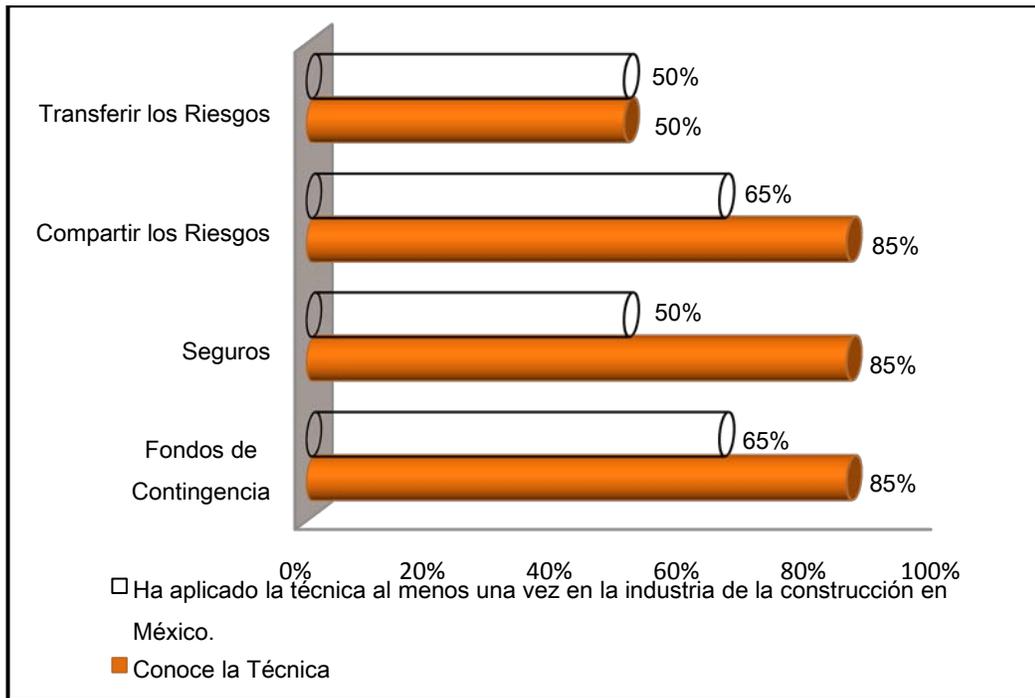


Figura III.3 Estrategias de respuesta a los riesgos conocidas y aplicadas en la industria de la construcción en México

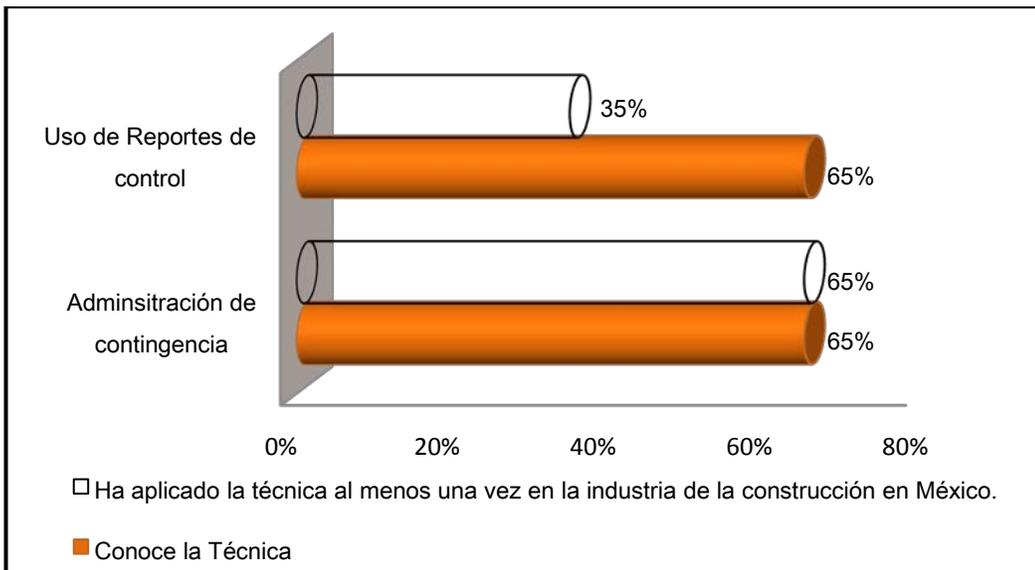


Figura III.4 Técnicas de control de los planes de respuesta a los riesgos conocidas y aplicadas en la industria de la construcción en México

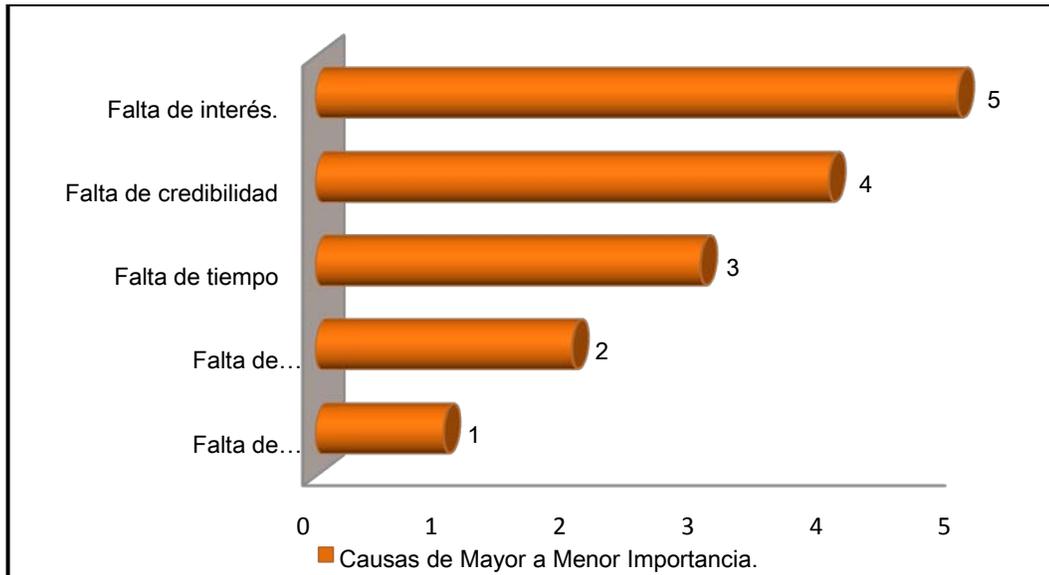


Figura III.5 Causas que originan que no se aplique la metodología de administración de riesgos en la industria de la construcción en México

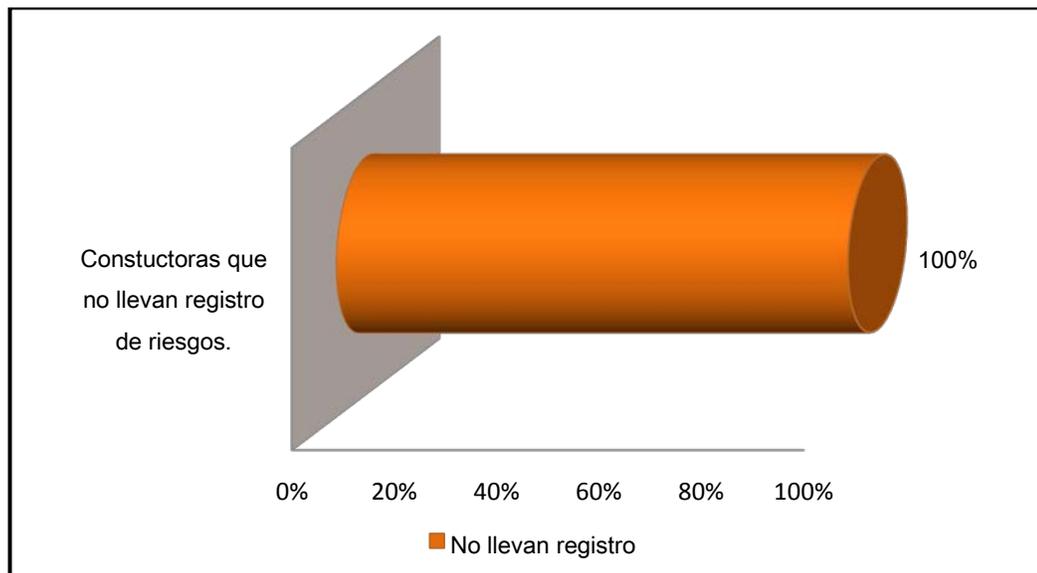


Figura III.6 Estado del registro de riesgos en la industria de la construcción en México

Tabla III.1 Distribución de los riesgos inherentes a los proyectos de construcción entre los constructores y clientes en la industria de la construcción en México

Responsable	Riesgos
Constructor	Acceso a la obra Disponibilidad de los materiales Disponibilidad de mano de obra Productividad de trabajo y maquinaria Material defectuoso Disputas laborales Seguridad Calidad de trabajo Daños a terceros
Cliente	Permisos y ordenanzas Retrasos en pagos sobre contrato Cambios en el proyecto
Ambos	Defectos de diseño Diferencias en la obra Eventos de fuerza mayor Cambios en los reglamentos de construcción Inflación Cambios y negociaciones Retrasos de terceros Retrasos en resolución de contratos Fallas financieras Cantidades de obras reales Indemnizaciones

Fuente: De elaboración propia, 2010

Los métodos disponibles para llevar a cabo la cuantificación de riesgos no son muy conocidos y aplicados por las empresas que contestaron el cuestionario, tal es el caso del método de la Simulación que solo el 35% de las empresas sondeadas conocen pero ninguna la ha aplicado alguna vez. De las estrategias de respuesta a los riesgos, la de fondos de contingencia, seguro y compartir los riesgos son las más conocidas, y las más aplicadas son: fondo de contingencia y compartir los riesgos. De los métodos para controlar las estrategias de respuesta de los riesgos, el 65% respondió que ha utilizado y ha aplicado métodos de administración de contingencia mientras que un 65% conoce otro tipo de reporte de control de estrategias de respuesta a los riesgos y solo el 35% ha aplicado algunas de éstas.

La causa principal por la que las empresas constructoras no aplican una metodología de riesgos se debe a la falta de interés sobre la misma. De acuerdo a los resultados obtenidos en el sondeo, la falta de interés se debe a la poca credibilidad que existe entre los constructores sobre una metodología de administración de riesgos y reducido conocimiento de los beneficios que ésta proporciona en la toma de decisiones durante la planeación y ejecución de los proyectos de construcción y no es la falta de

conocimiento de las técnicas propias de la metodología y de conceptos de probabilidad y estadística la principal causa.

De acuerdo a las respuestas obtenidas de la pregunta número 5 del cuestionario aplicado (apéndice B), referente a la distribución de los riesgos, obtenemos lo siguiente: las empresas constructoras opinan que el 39% de los riesgos corresponden directamente al constructor, el 14% corresponden al cliente y el 47% restante corresponden a ambos. Aún cuando consideran un alto porcentaje de responsabilidad ante los riesgos no se hace nada para implementar un método que permita administrarlos.

III.4 Las barreras de la administración de riesgos

La administración de riesgos es una metodología que requiere del respaldo de un equipo que tenga mucha confianza, convicción y dominio técnico en el análisis de riesgos. Esto resulta ser un fuerte impedimento para el desarrollo y establecimiento de una metodología de administración de riesgos dentro de las constructoras por falta de personal capacitado.

Para muchas empresas la palabra “riesgo” tiene únicamente un significado fonético y no de fondo como debería de ser. Esto lleva a las constructoras a afrontar los riesgos de acuerdo a una de las siguientes cuatro maneras según Flanagan ^[15]:

- El estilo sombrilla: donde la estrategia consiste en añadir al precio una alta prima de riesgo sin el uso de un análisis previo.
- El estilo avestruz: la manera de afrontar los riesgos es similar al comportamiento de un avestruz que hunde su cabeza en la arena y asume que todo saldrá bien y que de alguna manera se confundirán los demás.
- El estilo intuitivo: este estilo se caracteriza por confiar en la intuición y el sentido y no en los análisis refinados.
- El estilo de la fuerza bruta: consiste en concentrarse en los riesgos incontrolables y decir que podemos forzar las cosas hasta controlarlas, lo cual se sabe de antemano que no se puede hacer.

También, existen actitudes que propician el alejamiento de las empresas constructoras de la administración de riesgos. Regularmente, cuando se gana un proyecto, surgen emociones como euforia, optimismo y confianza excesiva, que se apoderan de los administradores y de los diferentes grupos de trabajo dentro de la empresa constructora, provocando una actitud que hace que todos los participantes operen bajo el indicio de que el proyecto se desarrollará de acuerdo a los presupuestos, especificaciones, estimaciones y fechas de terminación planeados. Sin embargo, la industria de la construcción tiene una gran variabilidad e incertidumbre por lo que raramente las obras se llevan a cabo de acuerdo a lo planeado.

Conclusión capitular

La administración de riesgos juega un papel muy importante durante toda la vida de un proyecto, pero para aplicarla correctamente hay que entender sus componentes y métodos para realizar mecanismos que nos permitan enfrentar los riesgos de forma efectiva.

La administración de riesgos de un proyecto no debe ser vista únicamente como una metodología sistemática, sino que debe llevarse a un nivel donde los participantes, tanto el constructor como el cliente, se relacionen con el único objetivo de ejecutar exitosamente el proyecto. Se deben tener muy bien definidas las principales fuentes de riesgo que originan sobrecostos en las obras para poder identificar aquellas que impactan de una manera significativa, para tratar de reducirlas lo más que se pueda.

En la actualidad la mayoría de las empresas constructoras mexicanas no hacen nada para adoptar estrategias que les permitan reducir y enfrentar los riesgos posibles en sus proyectos cuando estos se presenten. Aún continúan utilizando viejas prácticas, que aunque les funcionan, podrían ahorrarse muchos conflictos y dinero si se estableciera una verdadera administración de riesgos. Esta resistencia tiene que ver principalmente por la falta de personal capacitado y la falta de visión por parte de las empresas, ya que éstas ven como gasto innecesario y no como inversión la implementación de los métodos que nos brinda el campo de la administración de riesgos. La falta de interés, de capacitación del personal y la ausencia de la implementación de una metodología sistemática de administración de riesgos hace que las empresas constructoras enfrenten obras con grandes posibilidades de generación de sobrecostos lo cual podría traducirse en proyectos fracasados económicamente.

Capítulo IV

Metodología de la administración de riesgos

Capítulo IV

Metodología de la administración de riesgos

En general, los procesos involucrados en la administración de riesgos se pueden agrupar en las siguientes etapas:

- Identificación de riesgos: consiste en identificar los riesgos de un proyecto a través de la aplicación de técnicas tales como lluvia de ideas, grupo nominal, lista de verificación, diagramas causa - efecto, entre otros.
- Análisis y cuantificación de riesgos: consiste en cuantificar el impacto de los riesgos de un proyecto en término de costo y duración mediante el uso de técnicas de análisis de riesgos.
- Respuesta al riesgo: consiste en analizar y seleccionar la estrategia que contrarreste el impacto de los riesgos inherentes a un proyecto. La estrategia de fondo de contingencia es la más común para proyectos de construcción.
- Asignación de contingencias: consiste en la asignación de fondos de contingencias y el monitoreo y control de los riesgos de acuerdo a la estrategia implementada.

A continuación se describen algunas de las técnicas y métodos empleados en cada una de las etapas arriba mencionadas.

IV.1 Identificación de riesgos

Se deben tener en cuenta el contexto del problema, la información histórica de registros de los riesgos de proyectos anteriores y evaluar la calidad de las estimaciones de tiempo y costo del proyecto para alcanzar al máximo los beneficios de las técnicas de identificación de los riesgos que se pueden presentar durante el ciclo de vida de un proyecto.

IV.1.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una técnica en la que un grupo de personas, en conjunto, crean ideas. Esto es casi siempre más productivo que cada persona pensando por sí sola. En una sesión de lluvia de ideas, se alienta a todos los participantes a expresar sus ideas; todas las ideas se escriben en las hojas de un rotafolio que se adhieren a los muros, sin permitir que alguien critique alguna idea, pues ello desmotivaría a los participantes a expresarse libremente. Conviene fijar una meta de un número de ideas definido para luego, al haber alcanzado el número acordado, éstas puedan analizarse para implementar las mejores.

IV.1.2 Entrevistas y cuestionarios

Junto con las entrevistas, el cuestionario es la técnica de recolección de datos más empleada porque es menos costosa y permite llegar a un número mayor de participantes y también facilita el análisis aunque puede tener limitaciones que pueden restar el valor a la investigación desarrollada. Las entrevistas permiten obtener una investigación cualitativa mientras que los cuestionarios permiten cuantificar la información. Se recomienda buscar también en registros de entrevistas pasadas. Esta técnica se emplea para identificar los riesgos que no se detectaron en la etapa de planeación.

IV.1.3 Listas de verificación

La lista de verificación es una de las herramientas más utilizadas por los analistas de riesgos ya que en ella se encuentra un catálogo de riesgos clasificados según su origen. Es importante que los administradores de riesgos construyan su propia lista de chequeo con la finalidad de llevar un registro de los nuevos riesgos identificados cada vez que se lleve a cabo un proyecto nuevo. Stephen Ward ^[38], sugiere la utilización de una forma de registro de riesgos donde se especifique el tipo, la frecuencia, la severidad del impacto y la estrategia de solución de cada riesgo. La ventaja de esta forma es que crea un pensamiento activo de identificación de riesgos en los participantes, no solo durante el inicio del

proyecto sino a lo largo de la vida del ciclo del proyecto y además, sirve para ir registrando los riesgos en la lista de verificación.

IV.1.4 Técnica de grupo nominal

Esta técnica consta de un proceso de búsqueda proactiva desarrollada por un grupo de personas con la finalidad de identificar riesgos o problemas así como la solución de los mismos. Es un método de generación y registro de ideas cuyo objetivo es tomar una decisión grupal, tomando como base las ideas más relevantes. La técnica de grupo nominal es especial cuando se requiere generar ideas bajo presión y cuando se tiene que resolver problemas muy complejos. Los pasos necesarios para llevar a cabo la técnica de grupo nominal son los siguientes:

1. Proceso de generación de ideas. El líder del grupo da a conocer el propósito de la reunión y se establecen las reglas generales de grupo para generar una participación proactiva. En la etapa de diseño se generan ideas para identificar riesgos y se registran las ideas en papel sin comentarios.
2. Reportes de ideas. Si las ideas pudieran provocar una alta sensibilidad en los participantes o si hay muchos participantes o ideas, el líder las recolecta y las registra individual y anónimamente. También cada participante puede presentar su idea en su turno, en este caso no se permiten evaluaciones o críticas por otros miembros mientras se registra la idea.
3. Clarificación y discusión de ideas. Una vez que todas las ideas han sido registradas, cada una es discutida para asegurar una interpretación precisa clarificando malas interpretaciones.
4. Clasificación de ideas. Las ideas son clasificadas por cada participante. Hay varios métodos para clasificar las ideas, el más común y simple es la votación. La meta de este paso es alcanzar un consenso sobre las ideas de mayor interés.

IV.1.5 Diagramas causa - efecto

La solución de problemas envuelve la importancia de conocer las causas reales y sus interrelaciones. El diagrama causa - efecto (figura IV.1) guía la recolección de datos y su análisis para localizar la causa raíz de un problema. Por ejemplo, esta técnica se puede utilizar para identificar todas las causas que provocan la falta de suministro de material a tiempo en una obra (efecto) o las causas que provocan el

retraso de una obra (efecto). Los pasos para llevar a cabo la construcción de un diagrama causa - efecto son los siguientes:

1. Se establece el efecto a estudiar.
2. Se dibuja una línea horizontal.
3. Se dibuja un cuadro al final de la línea conteniendo el efecto dentro del mismo.
4. Se realiza una lluvia de ideas con todos los participantes del proyecto con la finalidad de enriquecer la aportación de las posibles causas desde los diferentes puntos de vista de los participantes.
5. Se ramifica la línea horizontal en las principales categorías de causas que pudieran ser por ejemplo, recursos humanos, materiales, métodos, maquinaria, políticas, procedimientos, tecnología y sistemas, entre otros.
6. Se ramifican cada una de las ramas principales en causas de segundo nivel, tercer nivel, hasta llegar al nivel deseado de análisis mismo que será establecido bajo el criterio de los administradores o analistas de riesgos de la empresa.

Es importante establecer hasta qué nivel se hará la identificación de las causas para evitar hacer trabajo innecesario en analizar causas insignificantes según el impacto de éstas sobre el efecto. Los analistas deben de tener en mente prioridades sobre las causas que ellos consideren más importantes sobre el efecto que se está estudiando.

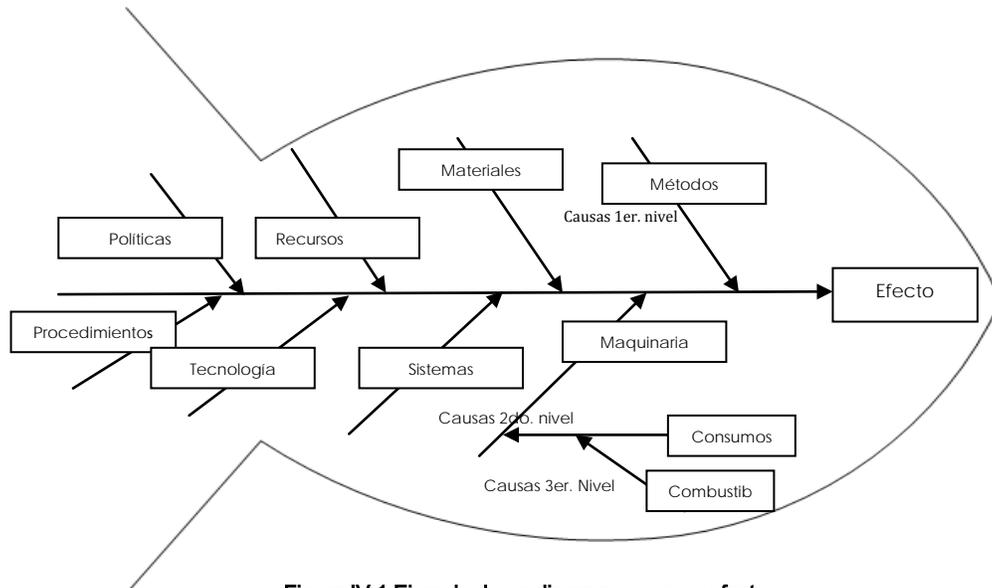


Figura IV.1 Ejemplo de un diagrama causa – efecto

IV.1.6 Técnica de análisis de procesos

Esta técnica se utiliza para conocer la relación entre el personal y el trabajo de un proceso. Cuando esta gráfica es construida y analizada apropiadamente ayuda a los usuarios a entender e identificar los cuellos de botella del proceso lo cual se puede traducir como riesgos para el proceso. Por ejemplo, un proceso que se puede analizar es la etapa de solicitud de cambios en un proyecto, identificando por medio de un diagrama, el impacto en costo y tiempo que se tendrá en el proceso (figura IV.2). Los pasos para construir un diagrama de procesos son los siguientes:

1. Entender el proceso y la relación entre todos los parámetros del proceso (mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, procedimientos, tecnología, sistemas y políticas).
2. Entender los símbolos del diagrama tales como procesos, transportación, retrasos y puntos de decisión.
3. Construir el diagrama empezando con la primera actividad o evento. Conectar todas las actividades o procesos usando flechas en orden cronológico.
4. Identificar los problemas claves mediante la revisión de cada paso y elemento especificado.

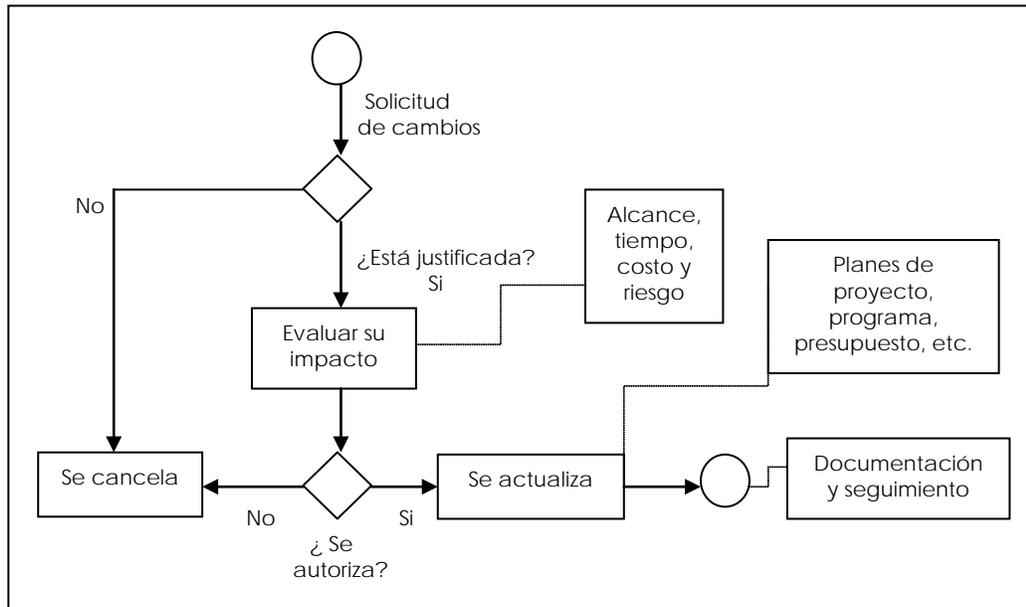


Figura IV.2 Ejemplo de un diagrama de proceso

IV.2 Análisis y cuantificación de riesgos

En esta etapa se realiza un análisis para cuantificar los impactos de los riesgos en proyectos de construcción. Existen muchas técnicas y métodos para llevar a cabo el análisis de riesgos, propuestos por diferentes investigadores. El enfoque probabilístico es el método más común. Al-Bahar y Crandall [1] definen al análisis de riesgo como un proceso, el cual incorpora incertidumbre en una manera cuantitativa utilizando la teoría probabilística para evaluar el impacto potencial de los riesgos. Es importante señalar que en esta etapa se deben analizar aquellos riesgos que se crean que tengan mayor impacto en el proyecto desde el punto de vista de sobre costo y retraso en el tiempo de terminación. Deben de analizarse todos los riesgos que afecten a las actividades más importantes del proyecto ya que de ellas dependerá en gran medida alcanzar el éxito del proyecto y no tratar de analizar todos los riesgos encontrados en la etapa de identificación. A continuación se exponen brevemente algunas de las técnicas y métodos más utilizados para analizar y cuantificar el impacto de los riesgos en los proyectos.

IV.2.1 Diagramas de flujo

Un diagrama de flujo es un diagrama simple, el cual consiste en una serie de nodos que reflejan variables y decisiones, y de flechas que reflejan las relaciones, haciendo más fácil de formular el problema y de captar la opinión de expertos. Relaciones de relativa complejidad pueden ser formuladas por los diagramas de flujo. El método de diagramas de flujo es una manera muy flexible para construir un modelo de riesgo. Los diagramas de flujo son el primer paso en un análisis cuantitativo de riesgos. Usualmente son utilizados con otras técnicas de análisis como el método de Simulación Monte Carlo. En la figura IV.3 se muestran las notaciones usadas en el diagrama de flujo y en la figura IV.4, las relaciones de los nodos.

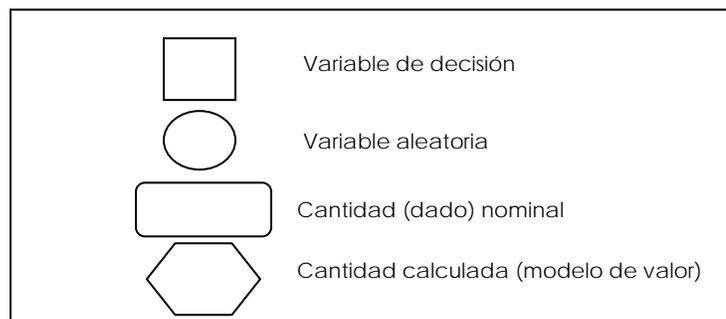


Figura IV.3 Notación de un diagrama de flujo

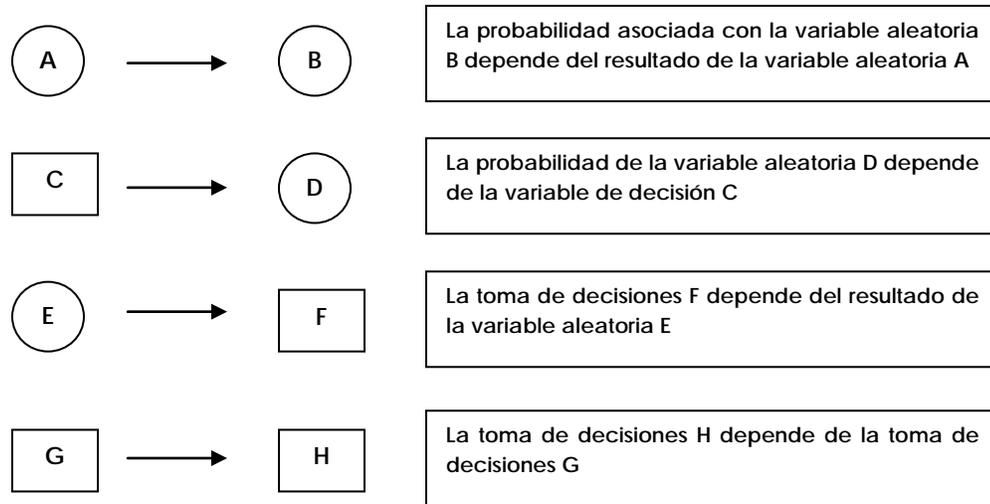


Figura IV.4 Relación de nodos de un diagrama de flujo

IV.2.2 Método del porcentaje total

Este método es muy simple y muy rápido, consiste en añadir al costo total estimado un porcentaje del mismo de acuerdo al nivel de detalle de la estimación. Este porcentaje debe basarse en la experiencia de proyectos terminados comparando sus costos y duraciones reales contra sus costos y duraciones estimados. Para esto se deben usar estimaciones obtenidas con el mismo nivel de detalle.

El método de porcentaje total se usa generalmente para estimaciones de orden de magnitud así como para estudios de factibilidad. En este método el porcentaje de contingencia aumenta la cantidad de incógnitas con relación al alcance y a la localización geográfica del proyecto. La contingencia estimada muy probablemente será por lo menos de un 25% y en ocasiones hasta el 100% o más.

IV.2.3 Método del porcentaje detallado

En este método se aplican diferentes porcentajes de contingencia a los diferentes componentes de un proyecto. La experiencia es esencial en la determinación de los porcentajes individuales los cuales deben ser obtenidos del análisis de proyectos anteriores. Debe tenerse cuidado al comparar elementos

aislados de proyectos pasados que resultaron con sobrecostos o retrasos notables debidos a cambios en el alcance, estos elementos no deben considerarse.

El porcentaje de contingencia variará de acuerdo a la experiencia y a la confianza de los datos usados al desarrollar la estimación. Es importante considerar contingencias negativas cuando alguna actividad costó o duró menos que lo estimado. En este caso se deberá tomar el porcentaje negativo reduciendo así el porcentaje total de contingencia.

Cabe mencionar que a medida que el proyecto sea dividido en cada vez más pequeñas unidades de trabajo, la contingencia será analizada con un mayor grado de certidumbre; por ejemplo, el considerar cada actividad incluida dentro de los paquetes de trabajo que forman un proyecto permitirá un análisis más detallado que si sólo se consideran los paquetes de trabajo.

IV.2.4 Método del árbol de decisiones

Este método es usado en aquellas situaciones donde se requiere analizar problemas que envuelven decisiones secuenciales y resultados variables en el tiempo. El árbol de decisión (figura IV.5) es un método gráfico de expresión de orden cronológica de las acciones de las alternativas que están disponibles para el tomador de decisiones. Los componentes del árbol de decisión son básicamente tres: los nodos de acción, los nodos de probabilidad y las ramas.

Los nodos de acción se denotan por un cuadro y representan aquellos lugares del proceso de toma de decisiones en los que se toma una decisión. Los nodos de probabilidad se denotan por medio de un círculo e indicarán aquellas partes del proceso de toma de decisiones en el que ocurren diferentes estados de naturaleza. Por último, las ramas se utilizan para denotar ya sean alternativas que nacen de un nodo de decisión o los estados de la naturaleza que nacen de un nodo de probabilidad.

Construcción del árbol de decisiones:

1. El árbol de decisión empieza en la parte izquierda con uno o más nodos de decisión.
2. Desde estos nodos todas las alternativas posibles son dibujadas ramificadamente hacia la derecha.
3. Se agregan los nodos de probabilidad asociados con los eventos subsiguientes o decisiones.

4. Cada vez que un nodo de probabilidad se agrega, se escriben en sus ramas los valores de probabilidad correspondiente a cada estado de naturaleza. El árbol continúa ramificándose de izquierda a derecha hasta haber incluido todo el proceso de decisión.

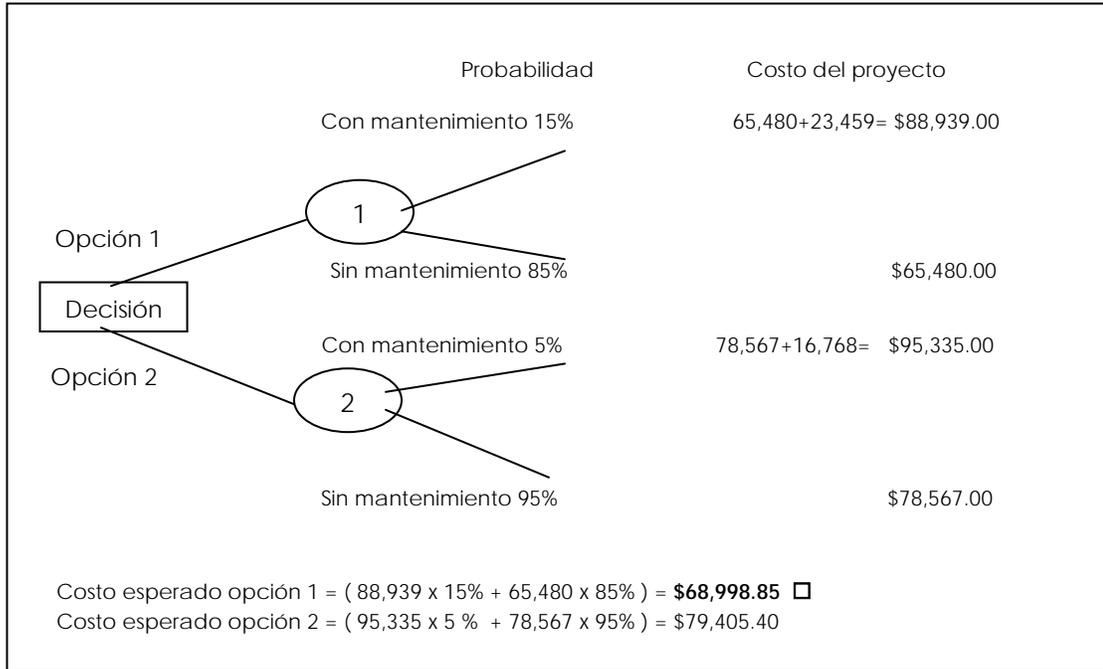


Figura IV.5 Ejemplo de un árbol de decisión

IV.2.5 Matriz probabilidad - impacto

En esta técnica, la probabilidad y los impactos de cada riesgo son analizados contra escalas definidas. Los factores de riesgo son colocados dentro de una matriz. La posición dentro de la matriz representa la significancia del riesgo. La valorización consiste en asignar a los riesgos calificaciones dentro de un rango que podría ser por ejemplo de 1 a 5 (insignificante 1, baja 2, media 3, moderada 4, alta 5), dependiendo de la combinación entre probabilidad e impacto. En la figura IV.6 se puede observar un ejemplo de esquema de valorización de riesgo en función de la probabilidad e impacto de tipo numérico con escala.

Figura IV.6 Matriz probabilidad - impacto

		4	5	5
IMPACTO	Alto	4	5	5
	Medio	3	3	5
	Bajo	1	2	4
		Bajo	Medio	Alto
		FRECUENCIA O PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		

IV.2.6 Método de Simulación Monte Carlo

El método de Simulación Monte Carlo, llamado también método de ensayos estadísticos es una técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no controlables, mediante la selección aleatoria de valores, donde la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles está en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidades.

La metodología a emplear es la siguiente:

- Presupuestación de proyectos

Paso 1. Presupuestar el costo más probable de las actividades.

Paso 2. Asignar el rango de costo a cada actividad, es decir, el costo mínimo (costo optimista) y el costo máximo (costo pesimista) tomando en cuenta el costo más probable obtenido en el paso anterior.

Paso 3. Ajustar el comportamiento del costo de cada actividad a una distribución de probabilidad, por ejemplo: distribución triangular, beta, discreta, uniforme, entre otras.

Paso 4. Introducir los datos de cada actividad al *software* para que realice la simulación.

Paso 5. Obtener la probabilidad de éxito por medio de la tabulación de probabilidades o de la curva acumulada que proporciona el programa de simulación.

- Programación de proyectos

Paso 6. Calcular la ruta crítica con los tiempos más probables.

Paso 7. Asignar el rango de duración a cada actividad, es decir, la duración mínima (duración optimista) y la duración máxima (duración pesimista) tomando en cuenta la duración más probable obtenida en la ruta crítica.

Paso 8. Ajustar el comportamiento de cada actividad a una distribución de probabilidad, por ejemplo: distribución triangular, beta, discreta, uniforme, entre otras.

Paso 9. Introducir los datos de cada actividad al *software* para que realice la simulación.

Paso 10. Obtener la probabilidad de éxito por medio de la tabulación de probabilidades o de la curva acumulada que proporciona el programa de simulación.

IV.3 Respuesta al riesgo

Esta es la etapa de acción de la metodología de administración de riesgos [23]. Después de la identificación del riesgo, el contratista debe ser capaz de formular estrategias de respuesta ante los problemas que se avecinan [1,34]. El objetivo principal de estas estrategias es la de eliminar al máximo posible el impacto potencial de los riesgos e incrementar el control de los mismos. Hay dos enfoques para la administración de riesgos, uno es llamado financiamiento del riesgo y el otro, control del riesgo [1]. A continuación se presentan seis alternativas de respuesta más utilizadas para afrontar los riesgos en la construcción de acuerdo a Crouch y Wilson (1982) [8], y a Doherty (1985) [11]: evitar el riesgo, reducir o prevenir el riesgo, retener el riesgo, transferir el riesgo, aceptar el riesgo y el uso de seguros.

IV.3.1 Evitar el riesgo

El objetivo es eliminar el riesgo del proyecto mediante la eliminación de la actividad, proceso o material. Esta alternativa es muy efectiva cuando el riesgo tiene demasiada incertidumbre y es impráctico para cualquier parte llevar a cabo el control del mismo. Por ejemplo, si no se puede predecir el tipo de suelo sobre el que se va a construir una obra y el cliente en el contrato establece la responsabilidad al constructor, dado que la condición del suelo está fuera de control del constructor lo correcto es que elimine el riesgo no aceptando tal contrato.

IV.3.2 Reducir o prevenir el riesgo

Esta alternativa consiste en reducir el riesgo mediante la sustitución de métodos, procesos o materiales por otros que estén disponibles y que sirvan al mismo propósito. Por ejemplo, el empleo de nuevos sistemas constructivos que reduzcan el tiempo de ejecución y sean más económicos.

IV.3.3 Retener el riesgo

Hay dos tipos de retención de riesgos. La retención de riesgos puede ser planeada o no planeada. La retención del riesgo planeada es tomada por el constructor identificando los riesgos. La retención del riesgo no planeada es el resultado de no identificar ni reconocer la existencia de riesgos. En este último caso los resultados serán catastróficos.

IV.3.4 Transferir el riesgo

Transferir el riesgo no significa reducir los efectos del riesgo, sino que lo mueve a otra parte ^[15]. La decisión sobre la asignación del riesgo se realiza a través de cláusulas en los contratos o a través de adquisición de seguros ^[37,39]. En los contratos, son definidas las responsabilidades y obligaciones de las partes involucradas. Los términos específicos y condiciones del contrato dan los detalles sobre la asignación de los riesgos, cuál parte es responsable de cuál riesgo bajo qué condiciones asignadas, y qué parte deberá tomar el riesgo si este no puede ser controlado y cuál es el costo de transferir el riesgo. Usualmente los variantes para la transferencia de los riesgos en los proyectos de construcción y los contratos son ^[4]:

- De cliente a contratista
- De contratista a subcontratista
- De cliente, contratista y subcontratista a aseguradora
- De contratista o subcontratista a fiador o aval

IV.3.5 Aceptar los riesgos

Aceptar los riesgos utilizando fondos de contingencia es una de las estrategias más utilizadas para hacer frente a los riesgos previsibles en los proyectos de construcción ^[6]. Estos fondos permiten a los administradores actuar rápida y decisivamente cuando los riesgos ocurren.

Es importante señalar que los fondos de contingencias deben cubrir únicamente los riesgos que estén dentro del alcance del proyecto por lo que los cambios en el alcance y los desastres naturales quedan fuera de los fondos de contingencia por las implicaciones que esto genera.

IV.3.6 Seguros

Los seguros son un método generalmente para abordar los riesgos por parte del contratista. Desde el punto de vista de muchos contratistas, la administración del riesgo significa la administración de seguros. Las compañías aseguradoras son responsables de riesgos específicos bajo las condiciones específicas de un precio ^[23]. Muchos contratistas compran pólizas de seguro ante la exposición de pérdidas severas. Debido a que la adquisición de pólizas de seguros resulta muy costosa se debería usar como último recurso ^[12].

IV.4 Asignación de contingencias

Un fondo de contingencia es el dinero que se utiliza para cubrir gastos impredecibles, tales como cambios menores en el diseño, errores de estimación de costos, permisos de escalatorias anormales ^[31]. El criterio para seleccionar el fondo de contingencia para un proyecto depende de la incertidumbre que envuelve al mismo. Por ejemplo, a un proyecto con poco riesgo se le puede asignar un 10% de contingencia sobre su costo total, siendo esta contingencia suficiente para cubrir gran parte de la incertidumbre presente en el proyecto. Sin embargo, un 10% de contingencia asignado a un proyecto de alto riesgo no será suficiente para garantizar el éxito. Los principales factores que se deben de considerar para determinar un fondo de contingencia son los siguientes ^[22]:

- Fuerzas del mercado
- Interés por obtener el proyecto
- Oferta
- Complejidad del proyecto
- Nivel de confianza
- Tipo de cliente

A continuación se presentan dos métodos para asignar fondos de contingencia de un proyecto entre todas las actividades del mismo.

IV.4.1 Método del CII para asignar fondos de contingencias de costo y tiempo a las actividades más importantes de un proyecto

Asignación de contingencia de costo.

Este método fue presentado por el *Construction Industry Institute* (CII) en el año de 1988 ^[6], como parte de uno de los capítulos de la publicación de administración de riesgos e incertidumbre de los proyectos. De esta publicación se extrajo la forma en que el CII distribuye la contingencia total de costo de un proyecto entre sus actividades. Los pasos del método propuesto por el *Construction Industry Institute* (CII) son los siguientes:

1. Obtener la contingencia total del proyecto por medio del método de Simulación Monte Carlo.
2. Seleccionar las actividades más importantes del proyecto. Este método establece que una actividad es más importante (crítica en cuanto al costo) cuando su valor máximo o valor mínimo cambia el costo total probable del proyecto en una cantidad equivalente a un 0.5% del presupuesto base o 0.2% en caso del presupuesto definitivo.
3. Distribuir la contingencia total de costo de un proyecto entre las actividades más importantes de acuerdo a la consideración del riesgo y la oportunidad que cada actividad tiene. De manera general se puede afirmar que la distribución del fondo de contingencia entre las actividades más importantes del proyecto se hace proporcionalmente a la diferencia entre el costo de oportunidad y costo de riesgo que cada actividad tiene. El costo de oportunidad de una actividad es el costo a

favor que se tiene en caso de que el valor de la actividad sea menor al valor probable, el costo de riesgo de una actividad es el costo en contra que se tiene en caso de que el valor final de la actividad sea mayor al valor probable.

Asignación de contingencia de tiempo.

El *Construction Industry Institute* (CII) no tiene un método específico para distribuir la contingencia de tiempo de un proyecto entre sus actividades, pero, da las siguientes recomendaciones para distribuir la contingencia de tiempo de un proyecto: otorgar el 100% de la contingencia de tiempo al final del proyecto o dividir y distribuir la contingencia del tiempo a lo largo del proyecto en forma proporcional mediante el uso de metas intermedias.

IV.4.2 Método de control de proyectos con base en la administración de contingencias de costo y tiempo

Este método fue propuesto por Galindo ^[16] en el 2001, el cual está basado en la teoría de control probabilístico desarrollada por Barraza ^[3] en 1998. El método de control de proyectos con base en la administración de contingencias sirve para distribuir el fondo de contingencias de costo y tiempo entre todas las actividades que componen al proyecto. Galindo señala que su método tiene la ventaja de asignar fondos de contingencias para cada actividad del proyecto, lo que facilita llevar un mejor control del fondo de contingencia de costo o duración ya que permite evaluar en cualquier momento el estado de la contingencia asignada a cada actividad. Los fondos de contingencia de un proyecto casi siempre son manejados en una sola cuenta lo que presenta la desventaja de que a veces los fondos se agoten antes de que termine el proyecto. Esta metodología se aplica únicamente a proyectos formados por actividades independientes.

Asignación de contingencia de costo.

Elementos a considerar para distribuir el fondo de contingencia de costo de un proyecto entre todas sus actividades:

- La varianza de la actividad
- Factor de riesgos (probabilidad de exceder el costo estimado)

La distribución del fondo de contingencia de costo de un proyecto entre todas sus actividades se hace con la siguiente fórmula:

$$\text{Contingencia actividad (i)} = \text{Contingencia total} \times \frac{\text{Ponderación actividad (i)}}{\text{Suma de ponderaciones}}$$

Donde:

Ponderación actividad (i) = varianza (i) X factor de riesgo (i)

Suma de ponderaciones = ponderación (i) + ponderación (i+1) + ponderación (n)

Asignación de contingencia de tiempo.

Elementos a considerar para distribuir el fondo de contingencia de duración de un proyecto entre todas sus actividades:

- La variabilidad de la actividad (varianza)
- El sesgo de la actividad (factor de riesgo)
- El índice de criticalidad

El índice de criticalidad se obtiene al dividir el número de veces que una actividad fue crítica en cada iteración entre el número total de iteraciones de la simulación tal y como se presenta en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice criticalidad actividad (i)} = \frac{\text{Número de veces crítica}}{\text{Número de iteraciones}}$$

Una actividad se considera crítica cuando forma parte de una de las posibles rutas críticas que se generan durante el proceso de simulación. La siguiente fórmula muestra como se distribuye la contingencia de tiempo para cada actividad:

$$\text{Contingencia (i)} = \frac{\text{Ponderación actividad (i)} \times \text{Contingencia total}}{\text{Ponderación por ruta}}$$

Donde;

Ponderación actividad (i)=varianza (i) X factor de riesgo (i).

Ponderación por ruta (i)=suma de ponderaciones de las actividades que intervienen en una ruta.

Debido a la variabilidad de duración que presentan las actividades de un proyecto, es factible que se formen varias posibles rutas críticas con varianzas finales diferentes, por lo que la contingencia máxima de una actividad se obtendrá cuando se considere en la ruta crítica con mínima ponderación. De la misma forma, una actividad tendrá una contingencia mínima cuando se considere en la ruta crítica con máxima ponderación.

Conclusión capitular

La administración de riesgos es de vital importancia dentro de la administración de proyectos ya que el manejo eficiente de ésta influirá para que se concluya un proyecto con éxito. El éxito depende de la correcta identificación de posibles riesgos, de un análisis de riesgos efectivo y de la elaboración de estrategias de respuesta eficientes.

En la metodología sistemática expuesta en este capítulo se llevan a cabo la identificación de los riesgos posibles que pueden presentarse en la ejecución de los proyectos y el análisis y la cuantificación del impacto que esos riesgos tendrán en los costos, utilizando para ello las técnicas y herramientas mencionadas anteriormente. Una vez obtenidos los resultados del análisis se debe proceder a la elaboración de estrategias de respuesta a los riesgos analizados. Mitigar y minimizar la exposición a esos riesgos es de suma importancia ya que se puede disminuir la posibilidad de incrementos en los costos originales del proyecto y evitar así la utilización de los fondos de contingencia asignados.

Capítulo V

Caso de estudio

Capítulo V

Caso de estudio

En el presente capítulo se muestra, a través de un caso práctico, la aplicación de las etapas de la metodología de la administración de riesgos tomando en cuenta algunas de las técnicas presentadas en los capítulos anteriores. En el caso presentado, se tiene como finalidad analizar y cuantificar, en la etapa de construcción, el impacto que los posibles riesgos inherentes al proyecto pueden tener en el costo final, elaborando para este fin una estrategia de respuesta. El análisis costo-beneficio no está incluido debido a que, por no ser parte del objetivo de esta tesis y por ser responsable únicamente de la ejecución de la construcción, se supone que esa etapa ha sido superada exitosamente.

El proyecto seleccionado para nuestro caso de estudio consta de la construcción de 100 viviendas en serie de tipo interés social (70 m² cada una aproximadamente). Una desarrolladora inmobiliaria ha conseguido inversionistas para la construcción y venta de viviendas en serie para la cual ha convocado a una licitación para llevar a cabo la ejecución de la obra. El tipo de contratación es en base a precios unitarios, sólo para la construcción de las viviendas (no incluye los trabajos de urbanización), mismas que se llevarán a cabo en la Ciudad de México. La empresa constructora realizará el análisis y la cuantificación de los riesgos que pueden impactar en el costo del proyecto antes de presentar su proposición económica para efectos de licitación. De acuerdo a los resultados obtenidos se elaborará una estrategia de respuesta a esos riesgos. Los datos iniciales con los que cuenta la empresa constructora para realizar su análisis y cuantificación son (ver apéndice C):

- Los planos generales: planta arquitectónica; fachadas; corte longitudinal; planta de instalaciones; planta de techos; planta de losas; desplante de muros, puertas, ventanas y acabados; planta de cimentación.
- El presupuesto inicial: presupuesto calculado por unidad (1 unidad es una vivienda) tomando en cuenta rendimientos de mano de obra y optimización de recursos para la construcción de 10 viviendas.
- El programa de obra: dividido en 10 frentes de trabajo (cada frente consta de la construcción de 10 viviendas) de acuerdo a petición del cliente.

V.1 Identificación de riesgos

La identificación de riesgos es la etapa más importante de la administración de riesgos debido a que únicamente un riesgo puede ser analizado y cuantificado si se es identificado oportunamente. No existe una técnica perfecta para llevar a cabo la identificación de riesgos por lo que la preferencia en la aplicación de una técnica en especial dependerá de la naturaleza del proyecto, experiencia, visión y habilidad del administrador de riesgos. En el caso de estudio se recomienda utilizar las técnicas de lista de verificación (ver inciso IV.1.3) y de diagrama causa-efecto (ver inciso IV.1.5). La primera técnica se recomienda debido a que ésta se fundamenta en el contenido de los riesgos más comunes que se han presentado en diferentes tipos de obras obtenidos a través de la experiencia y publicados en infinidad de libros y artículos, además de que resulta muy útil para aquellas empresas constructoras que no cuentan con ningún tipo de registro de riesgos. La segunda técnica se recomienda ya que contribuye a que el proceso de identificación sea analítica y creativa, características que hacen que se complemente con la técnica de lista de verificación, la cual no desarrolla un pensamiento creativo de identificación de riesgos.

Antes de iniciar la identificación de los riesgos del caso de estudio, es importante tener en cuenta las siguientes perspectivas:

- El proyecto es de construcción únicamente y no de diseño-construcción, por lo que solo se es responsable de la etapa de construcción de la obra.
- El proyecto ejecutivo está terminado en su totalidad.
- Para la elaboración del presupuesto se ha visitado el lugar de construcción y se han realizado los estudios correspondientes (topográfico, accesibilidad a la obra, fletes, acarreos de material, abastecimiento de materiales y equipos, entre otros).
- El presupuesto preparado para licitación de obra privada es de tipo de contratación a precios unitarios.
- El contrato de obra estipula únicamente los trabajos de edificación (construcción de viviendas), quedando excluidos los trabajos de urbanización.
- El programa de obra será distribuido en 10 frentes de trabajo (10 viviendas por cada frente) de acuerdo a requisito del cliente, ya que tiene programado de esa forma el egreso de los flujos de efectivo.

- Los frentes de trabajo no serán traslapados, sino que se tendrá que terminar un frente para poder iniciar el siguiente.
- En la empresa constructora no se llevan registros históricos de los costos finales de los proyectos ejecutados.
- La identificación de riesgos solo se centrará en aquellos que pudieran causar sobrecostos en el proyecto.

Una vez obtenida una idea más clara del contexto en el que se desenvuelve el proyecto se procede a identificar las principales fuentes de riesgos. Para el caso de estudio se adoptarán las fuentes de riesgos propuestas por Diekmann (1989) [9]. La figura V.1 proporciona un bosquejo general de los principales riesgos inherentes al proyecto.

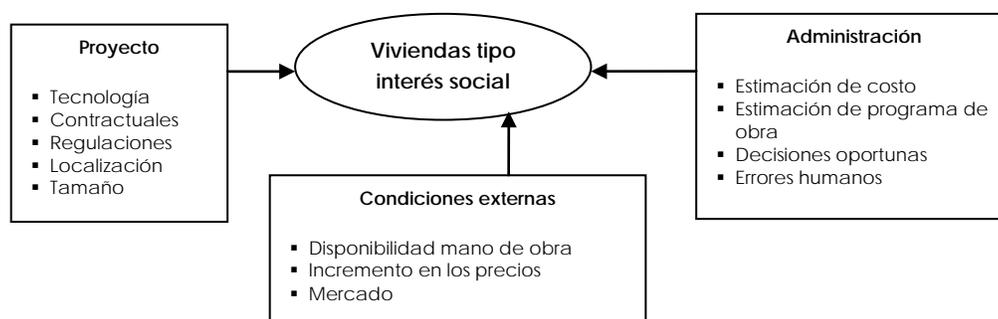


Figura V.1 Fuentes de riesgos según Diekmann, 1989

V.1.1 Lista de verificación

Como se pudo ver en el capítulo anterior, la lista de verificación es una de las herramientas más utilizadas por los analistas de riesgos ya que en ella se encuentra un catálogo de riesgos clasificados según su origen. En este caso, se hará uso de la lista de verificación de riesgos de Avots (1981) [2].



Figura V.2 Lista de verificación de Avots, 1981

De la lista mostrada en la figura V.2, se pueden identificar los siguientes posibles riesgos a los que estará sujeto nuestro proyecto y el tipo de impacto de cada riesgo en cuanto a costo y duración (Tabla V.1):

- Metodología de estimación: El método de estimación no refleja el 100% de las variables que intervienen en la elaboración del presupuesto debido a que no se llevan registros históricos de los rendimientos, desperdicios y costos reales de los proyectos.

- Omisiones: Usualmente los presupuestos, los diseños y los programas de obra presentan omisiones cuando éstos se elaboran. Generalmente las tareas de cuantificación de conceptos de obra son realizadas por pasantes de ingeniería o recién egresados, los cuales son muy susceptibles a realizar omisiones.
- Inexperiencia: Este riesgo es tomado en cuenta suponiendo, para nuestro caso, que la empresa constructora no tiene experiencia en la construcción de viviendas en serie de tipo interés social.
- Prejuicios: La falta de experiencia trae como consecuencia la subestimación o la sobreestimación al momento de elaborar los presupuestos y programas de obra.
- Datos erróneos: Generalmente los encargados de realizar los presupuestos de obra se guían de los catálogos de conceptos entregados por el cliente y no se toman la molestia de visitar el lugar donde se realizará la obra para verificar los datos.
- Factores geológicos: Es importante un buen estudio geotécnico y geológico ya que podrían presentarse problemas al estar construyendo la cimentación del edificio: no contar el terreno con la capacidad suficiente, probables asentamientos, entre otros.
- Clima: Este tipo de riesgo se considera debido a que, en caso de lluvias, el rendimiento en los trabajos disminuye notablemente, principalmente en trabajos de cimentación.
- Calidad de los equipos: El estado físico del equipo de construcción, ya sea propio o rentado, se debe tomar en cuenta ya que en caso de alguna falla o descompostura de éstos podría retrasar severamente el proyecto y aumentar los costos finales.
- Calidad de los materiales: Se debe verificar la calidad de los materiales ya que la falla de estos podría incrementar los costos, por ejemplo, en caso de un sismo en plena construcción causarían derrumbes en la estructura.
- Calidad de la administración de proyectos: El criterio y el conocimiento del administrador del proyecto son fundamentales para evitar variaciones desfavorables en el alcance de los objetivos de la obra.
- Interdependencia técnica: Este riesgo se toma en cuenta debido a que normalmente existe una relación entre las áreas de presupuestación, administración y de construcción en las empresas constructoras.
- Calidad pobre de trabajo: Debido a la calidad pobre de trabajo, se necesita en algunos casos, realizar el re-trabajo de algunos conceptos de obra donde se requiere mano de obra calificada aumentando el costo final.

- Calidad pobre de control: La omisión de pruebas de laboratorio o errores al momento de realizarlas puede causar el uso de material defectuoso, teniendo que realizar re-trabajos para poder reparar los daños ocasionados, por ejemplo, en caso de derrumbes.
- Robos: Este riesgo adquiere importancia, debido a que elementos como los sanitarios o los tubos de cobre están muy solicitados. De igual manera sucede con el cemento y el acero de refuerzo. Este riesgo supone cada día mayores pérdidas económicas.
- Paros: Este riesgo se debe tomar en cuenta debido a que puede haber paros causados, por ejemplo, por la clausura indefinida de la obra originada por problemas de aspecto legal.
- Frecuencia de accidentes: Generalmente los trabajadores se resisten a la utilización de equipos de seguridad quedando expuestos a accidentes durante la construcción y aún usando un control estricto de equipo de seguridad laboral casi siempre se presentan accidentes.
- Horas extras: Si existe retraso en el programa de obra hay que pagar horas extras a los trabajadores incrementando el costo del presupuesto inicial.
- Aumento de gastos administrativos: Este tipo de riesgo se incluye debido a que si existe desfase en el programa de obra, aumentando el tiempo total de la obra, se incrementan los gastos administrativos de la empresa constructora.

Tabla V.1 Impacto de los riesgos identificados

RIESGO	IMPACTO EN COSTO	IMPACTO EN DURACIÓN
Metodología de estimación	x	x
Omisiones	x	x
Inexperiencia	x	x
Prejuicios	x	x
Datos erróneos	x	x
Factores geológicos	x	x
Clima	x	x
Calidad de los equipos	x	x
Calidad de los materiales	x	
Calidad de admón. de proyecto	x	x
Interdependencia técnica		x
Calidad pobre de trabajo	x	x
Calidad pobre de control	x	x
Robos	x	x
Paros		X
Frecuencia de accidentes	X	X
Horas extras	x	
Aumento de gastos administrativos	x	

Fuente: De elaboración propia, 2010

V.1.2 Diagrama causa - efecto

Los riesgos identificados mediante el uso del diagrama causa – efecto se muestran en la figura V.3. El efecto analizado es el de sobrecosto del proyecto y se identificaron cinco posibles causas: materiales, maquinaria, recursos humanos, administración y medio ambiente.

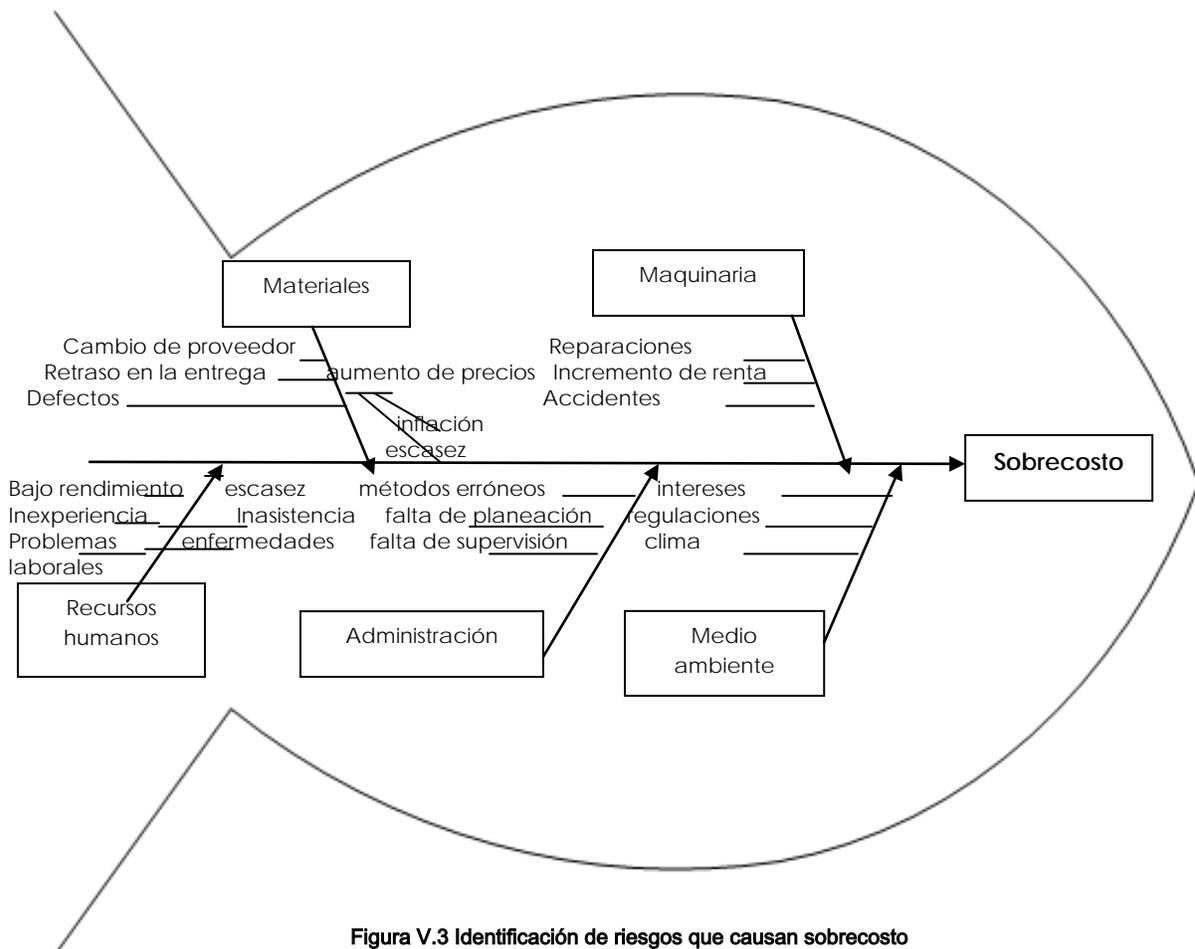


Figura V.3 Identificación de riesgos que causan sobrecosto mediante el método de diagrama causa-efecto

V.2 Análisis y cuantificación de riesgos

En esta sección se lleva a cabo el análisis y la cuantificación de los riesgos posibles que pueden impactar de manera significativa en el proyecto, desde el punto de vista de sobrecosto y retraso en el tiempo de terminación de la obra, dejando de lado aquellos riesgos identificados que no causen daños considerables.

Para realizar el análisis, se utilizará el método de Simulación Monte Carlo (ver inciso IV.2.6) debido a que, de acuerdo a los estudios de Diekmann (1989) ^[9], es el método más flexible debido a que pueden realizarse con él tanto el análisis de riesgo de costo como el de duración, al mismo tiempo. Al igual que Diekmann, Finley (1994) ^[13] señala que entre las opciones que se tienen para llevar a cabo el análisis de riesgos de la duración, el método de Simulación Monte Carlo es el mejor.

V.2.1 Método de Simulación Monte Carlo

De acuerdo con el método de Simulación Monte Carlo, el primer paso es presupuestar el costo más probable de las actividades del proyecto (ver apéndice C).

El segundo paso consiste en asignar el rango de costo a cada actividad en base al costo más probable. La asignación del rango se hace de acuerdo a la experiencia del administrador de riesgos y de la opinión de expertos. El rango de las actividades queda definido, según Grey (1995) ^[17], por los siguientes tres parámetros o puntos estimados: costo mínimo (optimista), costo más probable, y costo máximo (pesimista). El administrador de riesgos otorga a cada actividad del proyecto un porcentaje, de acuerdo a los riesgos identificados, basándose en su experiencia y/o en registros históricos, el cual aumenta y disminuye al costo probable para obtener el costo máximo y mínimo, respectivamente. La tabla V.2 muestra el rango de costos de las actividades del frente 1 del caso de estudio. El rango de costos para las actividades del frente 2 al frente 10 son iguales al frente 1 debido a que se trata de actividades repetitivas.

Tabla V.2 Rango de costos para actividades del frente 1

Id	Actividad	Rango de Costos				
		Optimista	Probable	Pesimista	Menos%	Más%
1	VIVIENDAS EN SERIE 100	\$8,800,401.42	\$9,108,736.00	\$10,419,994.10		
2	FRENTE 1	\$880,040.14	\$910,873.60	\$1,041,999.41		
3	PRELIMINARES	\$6,317.90	\$6,513.30	\$7,010.55		
4	LIMPIEZA DE TERRENO	\$2,989.15	\$3,081.60	\$3,235.68	3%	5%
5	TRAZO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	\$3,328.75	\$3,431.70	\$3,774.87	3%	10%
6	EXCAVACIÓN	\$6,408.42	\$6,745.70	\$7,694.60		
7	EXCAVACIÓN EN MATERIAL TIPO II	\$2,030.34	\$2,137.20	\$2,564.64	5%	20%
8	RELLENO Y COMPACTACIÓN	\$1,151.59	\$1,212.20	\$1,394.03	5%	15%
9	RETIRO DE TIERRA Y ESCOMBRO	\$3,226.49	\$3,396.30	\$3,735.93	5%	10%
10	CIMENTACIÓN	\$65,638.45	\$69,093.10	\$85,546.19		
11	CONCRETO CICLÓPEO F´C=175 KG/CM2	\$40,610.98	\$42,748.40	\$51,298.08	5%	20%
12	TRABE DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$25,027.47	\$26,344.70	\$34,248.11	5%	30%
13	SUPERESTRUCTURA	\$156,436.94	\$161,275.20	\$207,042.20		
14	CASTILLOS DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$25,217.38	\$25,997.30	\$32,496.63	3%	25%
15	CERRAMIENTO CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$25,524.48	\$26,313.90	\$32,892.38	3%	25%
16	LOSA DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$105,695.08	\$108,964.00	\$141,653.20	3%	30%
17	ALBAÑILERÍA	\$193,964.89	\$199,963.80	\$217,937.09		
18	MURO DE BLOCK DE CONCRETO	\$73,977.34	\$76,265.30	\$83,891.83	3%	10%
19	PRELIMINARES DE BLOCK DE CONCRETO	\$30,195.42	\$31,129.30	\$32,685.77	3%	5%
20	FIRME DE CONCRETO F´C=175 KG/CM2	\$75,951.00	\$78,300.00	\$86,130.00	3%	10%
21	BANQUETA DE CONCRETO F´C=175 KG/CM2	\$11,971.64	\$12,341.90	\$13,205.83	3%	7%
22	GOTERÓN DE CONCRETO EN ALEROS	\$1,869.48	\$1,927.30	\$2,023.67	3%	5%
23	ACABADOS	\$201,596.91	\$209,883.90	\$233,907.42		
24	LOSETA CERÁMICA ANTIDERRAPANTE	\$5,029.02	\$5,293.70	\$5,823.07	5%	10%
25	ZOCLO CERÁMICO	\$17,057.64	\$17,585.20	\$19,343.72	3%	10%
26	APLICACIÓN DE TEXTURIZADO	\$77,029.16	\$79,411.50	\$91,323.23	3%	15%
27	AZULEJO BLANCO EN CIELOS Y MUROS	\$28,386.00	\$29,880.00	\$32,868.00	5%	10%
28	PISO DE GRANZÓN	\$61,132.50	\$64,350.00	\$70,785.00	5%	10%
29	MOLDURA LINEAL DE 5 CM DE ANCHO	\$1,897.32	\$1,956.00	\$2,014.68	3%	3%
30	MOLDURA LINEAL DE 20 CM DE ANCHO	\$11,065.28	\$11,407.50	\$11,749.73	3%	3%
31	AZOTEAS	\$54,161.02	\$55,836.10	\$61,220.98		
32	EMPASTADO Y RELLENO DE MORTERO	\$41,440.24	\$42,721.90	\$46,139.65	3%	8%
33	IMPERMEABILIZACIÓN EN AZOTEA	\$12,720.77	\$13,114.20	\$15,081.33	3%	15%
34	HERRERÍA	\$6,038.25	\$6,225.00	\$6,411.75		
35	MARCO METÁLICO TUBULAR 2.10X1.00 M	\$1,236.75	\$1,275.00	\$1,313.25	3%	3%
36	MARCO METÁLICO TUBULAR 2.10X0.90 M	\$4,801.50	\$4,950.00	\$5,098.50	3%	3%
37	CARPINTERÍA	\$14,986.50	\$15,450.00	\$15,913.50		
38	PUERTA ENTABLERADA DE MADERA 0.90 M	\$5,674.50	\$5,850.00	\$6,025.50	3%	3%
39	PUERTA DE TAMBOR DE PINO CHAPA TRIPLAY	\$9,312.00	\$9,600.00	\$9,888.00	3%	3%
40	VENTANERÍA	\$56,017.50	\$57,750.00	\$59,482.50		
41	VENTANA DE ALUMINIO NATURAL MATE	\$56,017.50	\$57,750.00	\$59,482.50	3%	3%
42	CERRAJERÍA	\$5,056.13	\$5,212.50	\$5,368.88		
43	CHAPA FANAL PUERTA PRINCIPAL MOD 460	\$1,382.25	\$1,425.00	\$1,467.75	3%	3%
44	CHAPA FANAL PUERTA MADERA MOD 620	\$2,728.13	\$2,812.50	\$2,896.88	3%	3%
45	CHAPA FANAL PUERTA EXTERIOR MOD 175	\$945.75	\$975.00	\$1,004.25	3%	3%
46	INSTALACIÓN HIDRO SANITARIA	\$97,572.30	\$100,590.00	\$115,678.50		
47	INSTALACIÓN DE DRENAJE HABITACIONAL	\$22,101.45	\$22,785.00	\$26,202.75	3%	15%
48	INSTALACIÓN HIDRÁULICA HABITACIONAL	\$75,470.85	\$77,805.00	\$89,475.75	3%	15%
49	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$15,844.95	\$16,335.00	\$18,785.25		
50	SALIDA DE CIELO HABITACIONAL	\$10,083.15	\$10,395.00	\$11,954.25	3%	15%
51	SALIDA CONTACTO SENCILLO HABITACIONAL	\$5,761.80	\$5,940.00	\$6,831.00	3%	15%

Fuente: De elaboración propia, 2010

El tercer paso de este método, es ajustar el comportamiento del costo de cada actividad a una distribución de probabilidad. El ajuste del comportamiento se realiza, según Grey (1995) [17], debido a que los costos y las duraciones de las actividades, por ser variables continuas, pueden tomar cualquier valor dentro del rango de variabilidad asignado a cada actividad. Entre las distribuciones de probabilidad más utilizadas en la simulación se encuentran: la uniforme, la triangular, la beta y la normal. Los resultados obtenidos con cualquiera de los tipos de distribución de probabilidad varían muy poco unas respecto de las otras por lo que la elección de alguna de ellas es meramente cuestión de gusto del administrador de riesgos. Aunque algunos expertos en la administración de riesgos recomiendan utilizar la distribución beta, basándose en estudios que se han llevado a cabo con el objeto de explicar el comportamiento de las distribuciones, para este caso de estudio se utilizará la distribución triangular debido a su simplicidad para representar el rango de valores de las actividades.

El cuarto paso es introducir los datos de cada actividad al *software* para realizar la simulación. Existen muchos *softwares* disponibles en el mercado, uno de ellos es el *@Risk* de *Palisade Corporation* [30] en su versión 5.7, el cual se usará como apoyo para el caso de estudio.

El quinto paso es obtener la probabilidad de éxito por medio de la tabulación de probabilidades producto de la simulación. Los resultados del quinto paso se ilustran en las figuras V.4 y V.5.

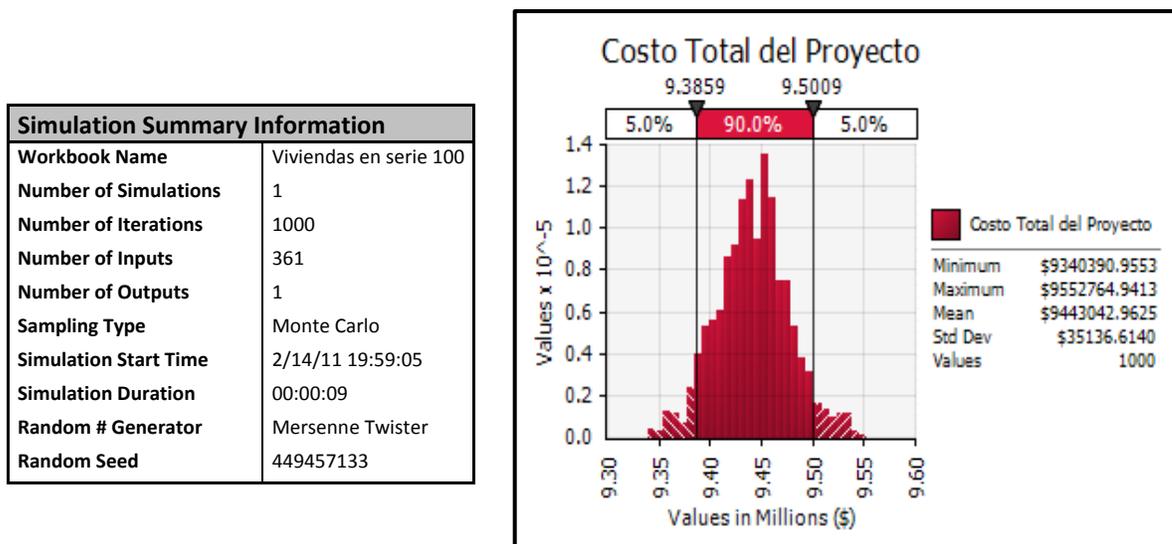
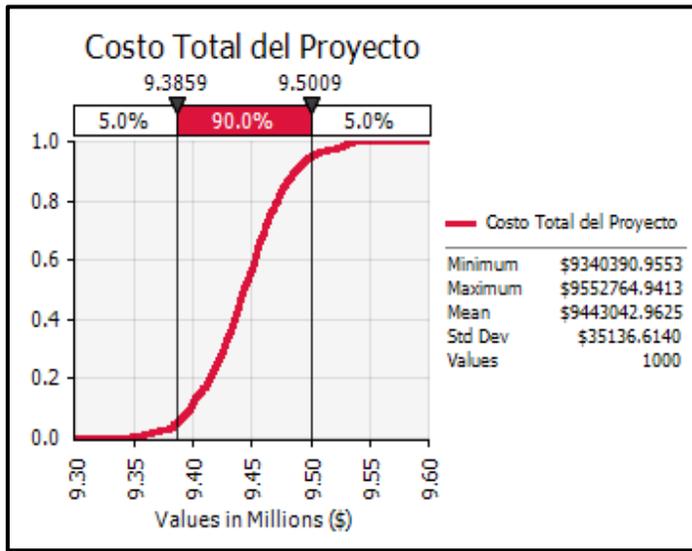


Figura V.4 Resultados del análisis de riesgos de costos con el *software @Risk 5.7* de *Palisade Corporation*



Summary Statistics for Costo Total del Proyecto			
Statistics	Percentile		
Minimum	\$9,340,390.96	5%	\$9,385,936.20
Maximum	\$9,552,764.94	10%	\$9,398,180.36
Mean	\$9,443,042.96	15%	\$9,405,683.05
Std Dev	\$35,136.61	20%	\$9,413,757.03
Variance	1234581644	25%	\$9,419,994.59
Skewness	0.042040246	30%	\$9,425,391.09
Kurtosis	3.114950314	35%	\$9,431,318.50
Median	\$9,442,812.00	40%	\$9,434,791.81
Mode	\$9,460,233.99	45%	\$9,438,757.30
Left X	\$9,385,936.20	50%	\$9,442,812.00
Left P	5%	55%	\$9,447,805.96
Right X	\$9,500,906.46	60%	\$9,452,156.98
Right P	95%	65%	\$9,455,642.86
Diff X	\$114,970.27	70%	\$9,460,359.41
Diff P	90%	75%	\$9,464,791.52
Duration	279 days	80%	\$9,471,577.55
Filter Min	Off	85%	\$9,477,470.74
Filter Max	Off	90%	\$9,486,251.06
#Filtered	0	95%	\$9,500,906.46

Figura V.5 Probabilidad de éxito de acuerdo al costo

El sexto paso, consiste en calcular la ruta crítica con los tiempos más probables (ver programación en el apéndice C). En el séptimo paso, se asigna el rango de duración a cada actividad de la misma manera que se hizo con el rango de costos. En la tabla V.3 se muestra el rango de duraciones para las actividades del frente 1.

Tabla V.3 Rango de duraciones para actividades del frente 1

Id	Actividad	Rango de Duraciones (días)		
		Optimista	Probable	Pesimista
1	VIVIENDAS EN SERIE 100			
2	FRENTE 1			
3	PRELIMINARES			
4	LIMPIEZA DE TERRENO	1	1.5	3
5	TRAZO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	1	1.5	3
6	EXCAVACIÓN			
7	EXCAVACIÓN EN MATERIAL TIPO II	1.5	1.75	3.75
8	RELLENO Y COMPACTACIÓN	1.75	3	4.5
9	RETIRO DE TIERRA Y ESCOMBRO	0.5	0.75	1.5
10	CIMENTACIÓN			
11	CONCRETO CICLÓPEO F´C=175 KG/CM2	1.5	2.5	3.5
12	TRABE DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	4.5	5.75	7.5
13	SUPERESTRUCTURA			
14	CASTILLOS DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	3.5	4.25	6
15	CERRAMIENTO CONCRETO F´C=200 KG/CM2	3	4	6
16	LOSA DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	8	9	12
17	ALBAÑILERÍA			
18	MURO DE BLOCK DE CONCRETO	5.5	6.5	8.5
19	PRETILES DE BLOCK DE CONCRETO	2.5	3.75	5
20	FIRME DE CONCRETO F´C=175 KG/CM2	2.5	3.5	4.5
21	BANQUETA DE CONCRETO F´C=175 KG/CM2	1	1.5	2.5
22	GOTERÓN DE CONCRETO EN ALEROS	1	2	3
23	ACABADOS			
24	LOSETA CERÁMICA ANTIDERRAPANTE	0.75	0.75	1.5
25	ZOCLO CERÁMICO	1.5	2	3
26	APLICACIÓN DE TEXTURIZADO	6	7.75	9
27	AZULEJO BLANCO EN CIELOS Y MUROS	2	3	4
28	PISO DE GRANZÓN	5.5	6.75	7.75
29	MOLDURA LINEAL DE 5 CM DE ANCHO	1	1.75	2.5
30	MOLDURA LINEAL DE 20 CM DE ANCHO	1.5	2.5	3.5
31	AZOTEAS			
32	EMPASTADO Y RELLENO DE MORTERO	3	3.75	5
33	IMPERMEABILIZACIÓN EN AZOTEA	5	6.25	7.5
34	HERRERÍA			
35	MARCO METÁLICO TUBULAR 2.10X1.00 M	0.5	0.5	1.25
36	MARCO METÁLICO TUBULAR 2.10X0.90 M	0.5	1	1.5
37	CARPINTERÍA			
38	PUERTA ENTABLERADA DE MADERA 0.90 M	0.5	0.5	1
39	PUERTA DE TAMBOR DE PINO CHAPA TRIPLAY	0.5	1	1.5
40	VENTANERÍA			
41	VENTANA DE ALUMINIO NATURAL MATE	1	1.5	2
42	CERRAJERÍA			
43	CHAPA FANAL PUERTA PRINCIPAL MOD 460	0.5	0.5	1
44	CHAPA FANAL PUERTA MADERA MOD 620	1	1.25	1.75
45	CHAPA FANAL PUERTA EXTERIOR MOD 175	0.5	0.5	1
46	INSTALACIÓN HIDRO SANITARIA			
47	INSTALACIÓN DE DRENAJE HABITACIONAL	5	6	7
48	INSTALACIÓN HIDRÁULICA HABITACIONAL	6	7.25	8.25
49	INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
50	SALIDA DE CIELO HABITACIONAL	5	6	7
51	SALIDA CONTACTO SENCILLO HABITACIONAL	4	5	6

Fuente: De elaboración propia, 2010

El octavo paso, es ajustar el comportamiento de cada actividad de acuerdo a alguna distribución de probabilidad. Para este caso ya se ha elegido la distribución triangular. El noveno paso es introducir los datos de cada actividad al *software* de simulación.

El décimo paso del método es obtener la probabilidad de éxito. Las figuras V.4 y V.5 muestran los resultados obtenidos.

V.2.2 Interpretación de los resultados de la simulación

De los resultados obtenidos (ver figura V.4 y figura V.5) se puede observar que el presupuesto original (\$9, 108,736.00) queda fuera de los datos aceptables. Los valores mínimos para el costo fluctúan alrededor de un 5% del valor probable en la mayoría de las actividades. La distribución triangular de cada actividad está muy sesgada a la derecha, haciendo que en cada iteración la mayoría de los resultados sean superiores al valor probable, haciendo que la probabilidad de no excederse (éxito) del costo presupuestado del proyecto sea menor al 5%. Los expertos recomiendan una probabilidad de éxito para el costo de 80% aproximadamente, ya que arriba de este porcentaje normalmente ya no representa mucha variación. De los resultados generados por el programa de simulación se decidió tomar una probabilidad de éxito del 80% la cual nos da como resultado un costo de \$9, 471,577.55 con una duración de 279 días. Ya que el presupuesto original es de \$9,108.736.00 con una duración en el programa de obra de 248 días, se tiene entonces una contingencia de costo de \$362,841.55 y una contingencia de tiempo de 31 días, las cuales habrá que asignarlas a las actividades más importantes en cuanto a costo. La asignación y la distribución de las contingencias de costo y duración se verán más adelante.

V.3 Respuesta al riesgo

Como se mencionó en el capítulo IV, esta es la etapa de acción de la metodología de administración de riesgos. Una vez identificados, analizados y cuantificados los riesgos que pueden generar sobrecosto en el proyecto, se procede a formular las estrategias de respuesta para afrontar de la mejor manera los problemas que se avecinan. La elaboración de respuesta al riesgo se realiza de acuerdo a la experiencia del administrador de riesgos y/o a las experiencias de los expertos participantes en la ejecución de la obra. Las estrategias y los planes de acción a seguir en cada uno de los eventos de riesgo para el caso de estudio se muestran en la tabla V.4.

Tabla V.4 Estrategias de respuesta al riesgo y planes de acción

Evento	Prob	Impacto	Plazo	Estrategia	Acción
Metodología de estimación	0.80	Alto	Corto	Mitigar	Utilizar personal capacitado y con experiencia en la elaboración de las estimaciones
Omisiones	0.80	Alto	Corto	Mitigar	Revisar y verificar planos, especificaciones y alcances del proyecto
Inexperiencia	0.90	Alto	Corto	Mitigar	Colocar como superintendente a alguien con experiencia en viviendas en serie
Datos erróneos	0.90	Alto	Corto	Mitigar	Verificar los datos realizando visitas al lugar de la obra antes de realizar el presupuesto
Calidad de equipos	0.50	Medio	Permanente	Transferir	Supervisar los equipos antes de aceptarlos en la obra
Calidad de materiales	0.50	Medio	Permanente	Transferir	Supervisar la calidad de los materiales antes de aceptarlos en la obra
Calidad de administración de proyecto	0.50	Medio	Mediano	Mitigar	Establecer los controles que se llevarán a cabo en el proyecto y definir responsabilidades de forma clara y precisa
Interdependencia técnica	0.50	Medio	Permanente	Mitigar	Evitar al máximo los conflictos de grupos de trabajo. Impartir cursos referentes al trabajo en equipo.
Calidad pobre de trabajo	0.10	Bajo	Permanente	Mitigar	Identificar factores que causan la realización de re-trabajos para buscar reducidos.
Calidad pobre de control	0.20	Bajo	Permanente	Mitigar	Realizar pruebas de laboratorio del concreto para verificar las resistencias especificadas
Robos	0.50	Medio	Mediano	Transferir	Contratar una póliza de seguro
Accidentes	0.10	Bajo	Permanente	Mitigar	Verificar el uso de equipo de seguridad
Horas extras	0.60	Medio	Mediano	Mitigar	Evitar retrasarse en el programa de obra
Aumento de gastos administrativos	0.90	Alto	Permanente	Mitigar	Controlar el programa de forma que no existan más egresos debido a desviaciones de tiempo, que los gastos administrativos sean acordes a la cantidad de proyectos existentes y apegados a planeación estratégica
Clima	0.50	Medio	Corto	Mitigar	Contar con equipo preventivo y considerar tiempos muertos por eventos climáticos dentro del cronograma

Fuente: De elaboración propia, 2010

Como se observa en la tabla V.4, para algunos eventos de riesgo se eligió mitigarlo buscando reducirlo al máximo mediante las acciones ahí propuestas, y en otros eventos se decidió transferir el riesgo debido a que son eventos que están fuera de nuestras manos, o sea su ocurrencia no depende de la constructora sino de terceras personas como pueden ser, por ejemplo: proveedores, entre otros.

V.4 Asignación de contingencias

Después de realizar el análisis de riesgos con el método de Simulación Monte Carlo se obtuvo un fondo de contingencia de costo para el proyecto de \$362,841.55 y un fondo de contingencia de duración de 31 días. Estos fondos de contingencia hay que asignarlos a las partidas que conforman nuestro proyecto, para ello se utilizará el método propuesto por el *Construction Industry Institute* (CII) (ver inciso IV.4.1).

V.4.1 Método del CII

V.4.1.1 Contingencia de costo

Se llevará a cabo la asignación de los fondos de contingencia, de acuerdo al método del CII, únicamente a las actividades más importantes del proyecto. Las actividades más importantes serán las que cumplan con la siguiente condición:

$$(\text{Costo máximo de la actividad} - \text{Costo probable de la actividad}) > (0.5\% \times \text{Costo total probable})$$

En la tabla V.5 se pueden observar las actividades más importantes del proyecto, considerando el costo acumulado de las actividades de todos los frentes de trabajo.

Tabla V.5 Actividades más importantes según el método del CII

Actividad	CT = \$ 9,108,736.00			
	Probable	Máximo	Máx-Prob	0.5% \times CT
VIVIENDAS EN SERIE 100	\$9,108,736.00	\$10,419,994.10		
CIMENTACIÓN				
CONCRETO CICLÓPEO F' C=175 KG/CM2	\$427,484.00	\$512,980.80	\$85,496.80	\$45,543.68
TRABE DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$263,447.00	\$342,481.10	\$79,034.10	\$45,543.68
SUPERESTRUCTURA				
CASTILLOS DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$259,973.00	\$324,966.25	\$64,993.25	\$45,543.68
CERRAMIENTO CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$263,139.00	\$328,923.75	\$65,784.75	\$45,543.68
LOSA DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$1,089,640.00	\$1,416,532.00	\$326,892.00	\$45,543.68
ALBAÑILERÍA				
MURO DE BLOCK DE CONCRETO	\$762,653.00	\$838,918.30	\$76,265.30	\$45,543.68
FIRME DE CONCRETO F' C=175 KG/CM2	\$783,000.00	\$861,300.00	\$78,300.00	\$45,543.68
ACABADOS				
APLICACIÓN DE TEXTURIZADO	\$794,115.00	\$913,232.25	\$119,117.25	\$45,543.68
PISO DE GRANZÓN	\$643,500.00	\$707,850.00	\$64,350.00	\$45,543.68
INSTALACIÓN HIDRO SANITARIA				
INSTALACIÓN HIDRÁULICA HABITACIONAL	\$778,050.00	\$894,757.50	\$116,707.50	\$45,543.68

Fuente: De elaboración propia, 2010

El siguiente paso es distribuir el fondo de contingencia entre las actividades más importantes (ver tabla V.6). A partir del rango de costo de cada actividad más importante (costo mínimo, costo probable y costo máximo) se calculan: la diferencia entre el costo máximo y el costo probable para obtener el costo de riesgo (columna D), la diferencia entre el costo probable y el costo mínimo para obtener el costo de oportunidad (columna G). Con los resultados obtenidos se calculan el costo de oportunidad esperado (columna F) y el costo de riesgos esperado (columna I). La diferencia entre los costos esperados de riesgo y de oportunidad es la proporción de fondo de contingencia que le corresponde a cada actividad más importante (columna K). La distribución del fondo de contingencia para cada actividad se obtiene multiplicando el fondo de contingencia total del proyecto por la proporción de contingencia asignada a cada actividad. La columna L representa las cantidades que serán asignadas a las actividades más importantes del proyecto. La asignación del fondo de contingencia de costo se muestra en la tabla V.7.

Tabla V.6 Cálculo de distribución del fondo de contingencia de costo entre las actividades más importantes

<i>Viviendas en serie 100</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Actividad	Costo mínimo	Costo Probable	Costo máximo	(\$) (C-D)	(%)	(\$) (DxE)	(\$) (B-A)	(%)	(\$) (GxH)	(\$) (F-I)	(% (J/ suma J)	(\$) (KxFC)	
CIMENTACIÓN													
CONCRETO CICLÓPEO F' C=175 KG/CM2	\$406,109.80	\$427,484.00	\$512,980.80	\$85,496.80	70	\$59,847.76	\$21,374.20	30	\$6,412.26	\$53,435.50	9.16	\$33,240.99	
TRABE DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$250,274.65	\$263,447.00	\$342,481.10	\$79,034.10	80	\$63,227.28	\$13,172.35	20	\$2,634.47	\$60,592.81	10.39	\$37,693.39	
SUPERESTRUCTURA													
CASTILLOS DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$252,173.81	\$259,973.00	\$324,966.25	\$64,993.25	75	\$48,744.94	\$7,799.19	25	\$1,949.80	\$46,795.14	8.02	\$29,110.17	
CERRAMIENTO CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$255,244.83	\$263,139.00	\$328,923.75	\$65,784.75	70	\$46,049.33	\$7,894.17	30	\$2,368.25	\$43,681.07	7.49	\$27,172.99	
LOSA DE CONCRETO F' C=200 KG/CM2	\$1,056,950.80	\$1,089,640.00	\$328,923.75	\$326,892.00	60	\$196,135.20	\$32,689.20	40	\$13,075.68	\$183,059.52	31.38	\$113,877.1	
ALBAÑILERÍA													
MURO DE BLOCK DE CONCRETO FIRME DE CONCRETO F' C=175 KG/CM2	\$739,773.41 \$759,510.00	\$762,653.00 \$783,000.00	\$838,918.30 \$861,300.00	\$76,265.30 \$78,300.00	60 50	\$45,759.18 \$39,150.00	\$22,879.59 \$23,490.00	40 50	\$9,151.84 \$11,745.00	\$36,607.34 \$27,405.00	6.28 4.70	\$22,772.58 \$17,048.02	
ACABADOS													
APLICACIÓN DE TEXTURIZADO	\$770,251.95	\$794,115.00	\$913,232.25	\$119,117.25	60	\$71,470.35	\$23,863.05	40	\$9,545.22	\$61,925.13	10.62	\$38,522.19	
PISO DE GRANZÓN	\$611,325.00	\$643,500.00	\$707,850.00	\$64,350.00	50	\$32,175.00	\$32,175.00	50	\$16,087.50	\$16,087.50	2.76	\$10,007.66	
INSTALACIÓN HIDRO SANITARIA													
INSTALACIÓN HIDRÁULICA HABITACIONAL	\$754,708.50	\$778,050.00	\$894,757.50	\$116,707.50	55	\$64,189.13	\$23,341.50	45	\$10,503.68	\$53,685.45	9.20	\$33,396.48	
Fondo de contingencia (FC)= \$362,841.55 ;											suma: \$583,274.46	100%	\$362,841.55

Fuente: De elaboración propia, 2010

Tabla V.7 Asignación de contingencia de costo entre las actividades más importantes

Actividad	Costo Inicial	Fondo de contingencia	Costo con contingencia
VIVIENDAS EN SERIE 100			
CIMENTACIÓN			
CONCRETO CICLÓPEO F´C=175 KG/CM2	\$427,484.00	\$33,240.99	\$460,724.99
TRABE DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$263,447.00	\$37,693.39	\$301,140.39
SUPERESTRUCTURA			
CASTILLOS DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$259,973.00	\$29,110.17	\$289,083.17
CERRAMIENTO CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$263,139.00	\$27,172.99	\$290,311.99
LOSA DE CONCRETO F´C=200 KG/CM2	\$1,089,640.00	\$113,877.09	\$1,203,517.09
ALBAÑILERÍA			
MURO DE BLOCK DE CONCRETO	\$762,653.00	\$22,772.58	\$785,425.58
FIRME DE CONCRETO F´C=175 KG/CM2	\$783,000.00	\$17,048.02	\$800,048.02
ACABADOS			
APLICACIÓN DE TEXTURIZADO	\$794,115.00	\$38,522.19	\$832,637.19
PISO DE GRANZÓN	\$643,500.00	\$10,007.66	\$653,507.66
INSTALACIÓN HIDRO SANITARIA			
INSTALACIÓN HIDRÁULICA HABITACIONAL	\$778,050.00	\$33,396.48	\$811,446.48
	Fondo de contingencia=	\$362,841.55	

Fuente: De elaboración propia, 2010

V.4.1.2 Contingencia de tiempo

Para la distribución de la contingencia de tiempo se utilizará la primera recomendación del *Construction Industry Institute (CII)*, debido a su simplicidad, la cual consiste en otorgar el 100% de la contingencia de tiempo al final del proyecto. De esta manera se agregarán al final del proyecto 31 días de ‘reserva’ con lo que se tendrá una duración total programada de 279 días.

Conclusión capitular

Un riesgo solo puede ser analizado y cuantificado, con grandes probabilidades de éxito, si se es identificado oportunamente, por lo que, la etapa de identificación es la más importante de la metodología de administración de riesgos.

La metodología de administración de riesgos es una de las mejores prácticas existentes dentro de la administración de proyectos debido a las aportaciones que ofrece para alcanzar el éxito de los proyectos.

Después de haber obtenido los resultados de la aplicación de la metodología al proyecto del caso de estudio, se puede concluir que no solo se requiere que se lleven a cabo todas las etapas de ésta, sino que es primordial que se lleve un registro continuo de toda la información generada en cada proyecto en la que se aplique la metodología para poder hacer uso de ella en proyectos futuros.

La aplicación de las técnicas y métodos para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de los riesgos inherentes al proyecto no es compleja, solo se requiere de conocimiento básico y una actitud positiva.

Cabe mencionar que para alcanzar los beneficios óptimos que la administración de riesgos proporciona, es necesario que la empresa constructora esté consciente que experimentará un periodo de evolución, por lo que debe estar completamente convencida de los beneficios que aporta la metodología.

Después de la etapa de identificación de riesgos, el análisis y la cuantificación son esenciales para obtener resultados exitosos, por lo que se deben establecer medidas que aseguren que estas etapas sean aplicadas correctamente por los responsables de llevar a cabo el análisis de riesgos.

Conclusiones

Conclusiones

Primera. La mayoría de las fuentes que originan sobrecostos en las obras se deben principalmente a la desinformación en la etapa inicial del proyecto. Es necesario, en todos los casos, tener muy bien definidas las principales fuentes de riesgo que pueden originar sobrecostos en los proyectos en la etapa de construcción para poder identificar aquellas que impactan de manera significativa y tratar de reducirlas al máximo posible por medio de un análisis de riesgos.

Segunda. La actitud de los contratistas respecto a los riesgos ha sido la de tomar una mayor responsabilidad de estos, que antes no eran de su competencia. El aceptar esa responsabilidad ha aumentado cada vez más la utilización de seguros y fianzas para poder cubrir algunos de los riesgos inherentes a los proyectos.

Tercera. La tendencia en la distribución de los riesgos de un proyecto dentro de la industria de la construcción mexicana difiere en mucho con la de los Estados Unidos de Norteamérica donde los riesgos se distribuyen de una manera más equitativa entre constructor y cliente, mientras que en México esta distribución depende básicamente del tipo de acuerdo contractual que se haya pactado, por lo que se debe verificar que estén estipuladas todas las cláusulas necesarias para poder mitigar los riesgos que puedan ser transferidos.

Cuarta. Aún cuando las mismas empresas constructoras reconocen tener la mayor responsabilidad en cuanto a la manera de distribuir los riesgos, no hacen nada para adoptar estrategias que les permitan reducirlos y enfrentarlos cuando éstos se presenten a pesar de contar con las herramientas y técnicas necesarias para hacerlo.

Quinta. La administración de riesgos juega un papel muy importante durante toda la vida de un proyecto, pero para aplicarla correctamente hay que entender sus componentes y métodos para realizar mecanismos que permitan enfrentar los riesgos de forma efectiva. Además, no debe ser vista únicamente como una metodología sistemática, sino que debe llevarse a un nivel donde los participantes, tanto el constructor como el cliente, se relacionen con el único objetivo de ejecutar exitosamente el proyecto.

Sexta. Para alcanzar los beneficios óptimos que la administración de riesgos proporciona, es necesario que la empresa constructora esté consciente que experimentará un periodo de evolución, por lo que debe estar completamente convencida de los beneficios que aporta la metodología.

Séptima. La aplicación de las técnicas y métodos para llevar a cabo el análisis y la cuantificación de los riesgos inherentes al proyecto no es compleja, solo se requiere de conocimiento básico y una actitud positiva.

Octava. El modelo de simulación Monte Carlo es una ayuda práctica y accesible que da una amplia información sobre las estimaciones de cómo es posible que se desarrolle la realidad.

Novena. No solo se requiere que se lleven a cabo todas las etapas de la metodología de administración de riesgos, sino que es primordial que se lleve un registro continuo de toda la información generada en cada proyecto en la que se aplique la metodología para poder hacer uso de ella en proyectos futuros.

Décima. Los sobrecostos y los retrasos en el programa de obra deben ser considerados desde la etapa de estimación inicial, asignando un fondo de contingencia con base en el análisis y cuantificación de riesgos, que nos proporciona la metodología, para poder presentar proposiciones económicas que sean competitivas y con un nivel alto de certeza de poder cubrir los riesgos satisfactoriamente.

Décima primera. El resultado del análisis de riesgo no es lo suficientemente preciso para predecir con exactitud qué eventos desfavorables ocurrirán y cuáles influirán en el proyecto, sin embargo, tiene un impacto decisivo en las contingencias de costo y duración, los cuales determinarán el monto de financiamiento y el tiempo de reserva.

Décima segunda. Los mismos resultados del análisis de riesgos en manos de diferentes individuos pueden dar diferentes interpretaciones y resultar en diferentes acciones. Esta no es una debilidad de esta técnica de análisis, sino resultado directo de que cada individuo tiene sus preferencias con respecto a las posibles opciones, oportunidades y riesgos.

Apéndice A

Inflación en la construcción

Apéndice A

Inflación en la construcción

La inflación es una de las mayores causas del sobre costo en los proyectos de construcción aún si ha sido tomada en cuenta al preparar la estimación de los costos. La diferencia entre la inflación actual y la inflación prevista puede producir una desviación importante en el costo del proyecto del cliente. Uno puede argumentar que el costo real permanece sin ninguna afectación, sin embargo, eso solamente ocurre cuando la inflación de la industria de la construcción es equivalente a la inflación general del país [36].

Ya que la inflación no puede ser controlada ni por el cliente ni por el contratista, ésta pertenece a la categoría de exógenos o causas incontrolables, y además va más allá de la rendición de cuentas de la administración del proyecto. Es importante entonces, tener en cuenta la relación que tiene la inflación con otras variables macroeconómicas y analizarla en los proyectos de construcción [14].

Inflación general

La inflación es el aumento global promedio en el nivel general de precios [14]. Como otras variables macroeconómicas, la inflación tiene un patrón en el tiempo que sigue el ciclo de expansiones y recesiones económicas. El ciclo económico consiste de movimientos cíclicos irregulares a lo largo de varios años de resultados relativos y movimientos de otras variables económicas.

Los cambios en la oferta y la demanda agregada generan cambios en el nivel de producción y en los precios y, por lo tanto, en la tasa de inflación.

La demanda agregada puede variar debido a los siguientes factores [14]:

- Política fiscal. Engloba actuaciones que afectan al gasto público y a los impuestos y que impactan en primer lugar sobre el mercado de bienes y servicios. Por ejemplo, un aumento en los impuestos hace disminuir la renta disponible por la gente, lo que hace caer el consumo y también la inversión, por lo tanto hay variación en la demanda agregada.
- Política monetaria. Ésta la suele instrumentar el Banco Central, incluye medidas que afectan a la oferta monetaria, y que actúan en primer lugar sobre el mercado de dinero. Al variar la oferta varía también la demanda agregada.

- Cambios en la demanda de bienes en el sector privado. La oferta agregada puede variar debido a los cambios inusuales en el precio de determinados bienes o factores de producción, como por ejemplo, los aumentos en el precio del petróleo o los asentamientos de los salarios.

A medida que la economía se ve afectada por todos estos cambios, el nivel de la producción y el nivel de precios varían de forma continua e irregular. La tasa de inflación se calcula como un crecimiento del índice de precios al consumidor. El índice de precios al consumidor mide los costos de una canasta básica de bienes que incluye los precios de 224 diferentes bienes y servicios, desde alimentos, entretenimiento, hasta servicios médicos. Todo esto da una idea de cómo los precios en general cambian continuamente. La inflación es publicada mensualmente ^[35].

Inflación en la industria de la construcción

La inflación agrega otro elemento de riesgo en la industria de la construcción, la cual, por naturaleza, es variable e impredecible. Una tasa de inflación baja usualmente no interfiere mucho en los planes económicos, pero, una tasa de inflación alta, como la que existe en muchos países en la actualidad, causa distorsiones y la incapacidad para predecir el rendimiento de una inversión. Ese problema afecta tanto a clientes como a contratistas.

Los clientes pueden encontrar restricciones en el incremento de precios de los bienes o servicios producidos por sus plantas o fábricas construidas, y por lo tanto no pueden compensar los sobrecostos de construcción de sus fábricas. Los contratistas sufren severa incertidumbre al estimar y financiar los proyectos, por lo que tienen que cargar primas sobre los precios de construcción para poder compensarlos. Cada bien o factor de producción que participa en la construcción tendrá una variación en el precio el cual difiere de la tasa de inflación general y usualmente lo hará. Esto significa que el cambio general de precios en el sector de la construcción frecuentemente diferirá de toda la economía, y lo mismo sucederá con toda clase de proyectos.

La variación en los precios son calculados como el incremento de los índices preparados para cada tipo y área específica. Un índice I_k para un periodo k , es determinado como:

$$I_k = W_1 \left(\frac{c_{1k}}{c_{10}} \right) + W_2 \left(\frac{c_{2k}}{c_{20}} \right) + \dots + W_n \left(\frac{c_{nk}}{c_{n0}} \right)$$

Donde:

w_i = peso relativo de la componente o concepto i

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

C_{ij} = costo del concepto i en el periodo j (C_{i0} es el costo del concepto i en el periodo base)

Los conceptos son materiales, equipo, y herramienta que toman parte en las labores de construcción. En la siguiente tabla A.1 se muestra un ejemplo de la variación de los índices de costos de la construcción en México a un tipo de tasa inflacionaria anual.

Tabla A.1 Índice de Costos de la Construcción



Fuente: Banco de México, julio 2010

Cláusulas de ajustes de precios

Una manera de superar los riesgos a causa de la contingencia de precios (inflación) es que los contratistas incluyan en el contrato cláusulas de ajuste de precios, transfiriendo de esta manera parte del riesgo al cliente. Estas cláusulas de ajuste de precios son acuerdos contractuales en las cuales el cliente compensa al contratista mediante el ajuste de los precios durante la construcción de la obra en el caso de incremento de los precios de los materiales y/o renta de equipo que participan directamente en la ejecución de la obra. La compensación se realiza mediante la vinculación de los pagos a un adecuado

índice de precios. La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) regula el ajuste de costos (en el caso de contrato a precio unitario, art. 105 de la LOPSRM) en su artículo 57, quedando excluida esta opción en los contratos a precio alzado. Cabe mencionar que en caso de decremento en los precios el ajuste consistirá en una reducción de acuerdo a los índices de precios así como se estipula en el artículo 57 de la LOPSRM.

El pago al contratista por el trabajo realizado en el periodo k es:

$$R_{k^*} = R_k \left(\frac{I_c}{I_k} \right)$$

En donde:

R_k = valor del trabajo realizado en el periodo k a precios de contrato (periodo c)

R_{k^*} = valor ajustado del pago por trabajo realizado en el periodo k

I_k, I_c = valor de índices de precios en el periodo k y en el periodo de referencia c respectivamente

Los índices de precios reflejan el promedio de una muestra significativa de proyectos del mismo tipo. Aunque existen muchos índices de precios disponibles, el que se elija puede que no refleje con precisión el peso relativo de todos los conceptos de un proyecto específico distorsionando así la compensación por el ajuste de precios principalmente cuando existe una alta inflación. La solución a este problema es elaborar una tabla de índices de precios para cada proyecto en particular. Esta tabla de índices debe representar la composición de los trabajos en el proyecto y puede ser construida combinando los índices publicados de los componentes básicos como mano de obra, acero, concreto, entre otros.

Apéndice B

**Questionario:
administración de
riesgos en la
industria de la
construcción en
México**

Apéndice B

Cuestionario: administración de riesgos en la industria de la construcción en México

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Cuestionario

Administración de riesgos en la industria de la construcción en México

Definiciones básicas para responder el cuestionario:

- **Riesgo:** Es la probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso cuyas consecuencias afectan directamente el cumplimiento de los objetivos de un proyecto.
- **Administración de riesgos:** Es el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento y la magnitud probable de efectos adversos que éste tenga, en la seguridad, en la salud, en el medio ambiente y en el bienestar público, durante un lapso específico determinado en este caso por el periodo de ejecución y operación del proyecto.
- **Etapas de análisis y cuantificación de riesgos:** Etapa que consiste en evaluar el impacto de los riesgos desde el punto de vista de costo y tiempo en un proyecto.
- **Etapas de elaboración de planes de respuesta a los riesgos:** Etapa que consiste en hacer planes para mitigar los efectos de los riesgos.
- **Etapas de control de planes de respuesta:** Etapa que consiste en controlar y administrar los planes que se elaboraron en la etapa anterior con la finalidad de alcanzar los objetivos planeados.

Indique la especialidad de su empresa: _____

1. Indique para cada una de las etapas de la administración de riesgos, ¿qué herramientas o técnicas conoce y ha aplicado en los proyectos de construcción?

Etapas de identificación de riesgos	La conoce	La ha aplicado
▪ Lluvia de ideas	_____	_____
▪ Diagrama causa-efecto	_____	_____
▪ Grupo nominal	_____	_____
▪ Lista de verificación	_____	_____
▪ Diagrama de análisis de procesos	_____	_____

Etapa de análisis y cuantificación de riesgos

- Simulación Monte Carlo _____
- Método porcentaje total _____
- Método porcentaje detallado _____
- Árbol de decisiones _____

Etapa de elaboración de planes de respuesta

- Contingencia _____
- Seguros _____
- Compartir los riesgos _____
- Transferir los riesgos _____

Etapa de control de planes de respuestas

- Administración de contingencia _____
- Administración de reportes de control _____

2. ¿Cuál considera usted que pueda ser la causa por la cual no se aplique una metodología de administración de riesgos aún cuando no se conozca la existencia de la misma? Enumere del 1 al 5 en orden de importancia (donde 1 es menos importante y 5 más importante)

- Falta de credibilidad _____
- Falta de conocimiento de probabilidad y estadística _____
- Falta de interés _____
- Falta de conocimiento en software de riesgo _____
- Falta de tiempo _____

3. De manera general explique la forma en que su empresa mitiga los efectos de los riesgos previsibles en los proyectos de construcción

4. En su empresa, ¿se lleva un registro continuo de los riesgos que se han presentado en proyectos anteriores?

Sí _____ No _____

5. En la siguiente tabla indique para cada uno de los siguientes riesgos cómo considera que debe de estar distribuida la responsabilidad de los mismos y evalúe en una escala del 1 al 10 la importancia que le da a cada uno de ellos (donde 10 es la calificación más alta)

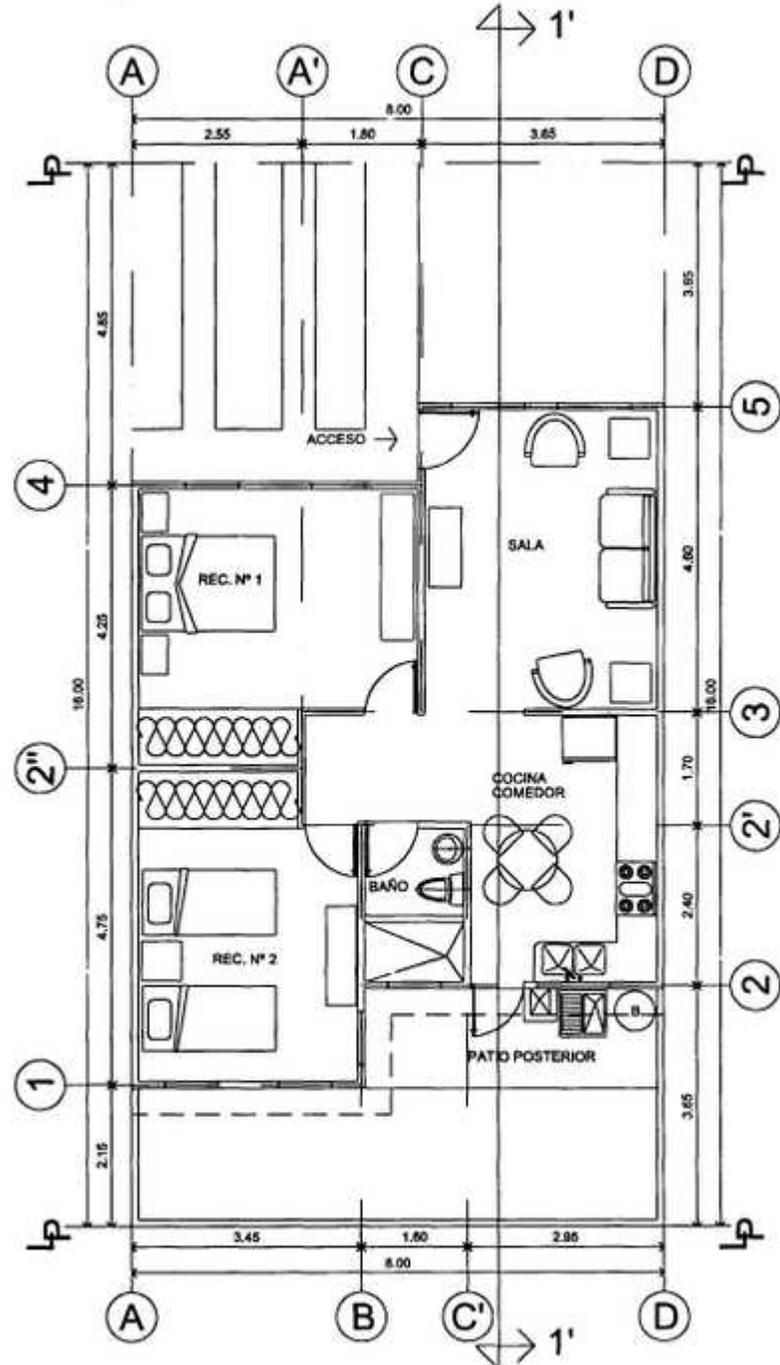
Tabla B.1 Distribución de riesgos e importancia entre contratistas y clientes

DESCRIPCIÓN RIESGO	DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO			ESCALA DE IMPORTANCIA DEL 1 AL 10
	Cliente (%)	Ambos (%)	Usted (%)	
Permisos y ordenanzas				
Acceso a la obra				
Disponibilidad de materiales				
Disponibilidad de mano de obra				
Productividad de trabajo y maquinaria				
Defectos de diseño				
Cambios en el proyecto				
Diferencias en la obra				
Eventos de fuerza mayor				
Material defectuoso				
Cambios en los reglamentos de construcción				
Disputas laborales				
Seguridad				
Inflación				
Cambios y negociaciones				
Retrasos de terceros				
Retrasos en resolución de contratos				
Retrasos en pagos sobre contrato				
Calidad de trabajo				
Indemnización				
Fallas financieras				
Cantidades de obras reales				
Daños a terceros				
Otros: (indique)				

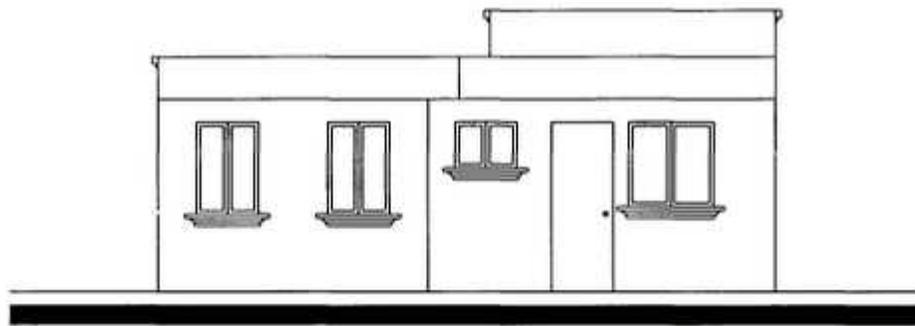
¡Gracias por dedicar un espacio de su tiempo para responder este cuestionario!

Apéndice C

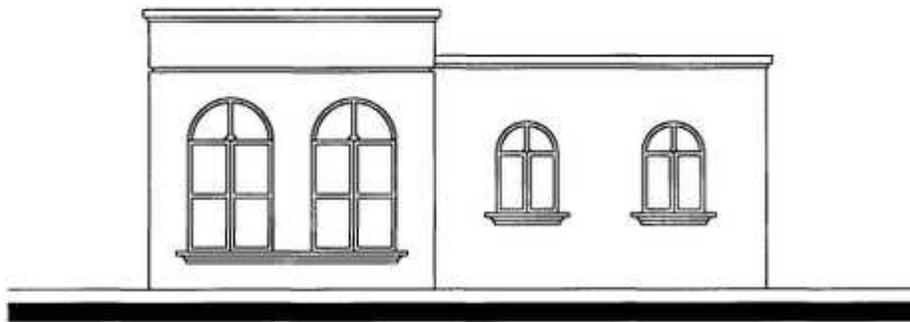
**Planos generales,
presupuesto y
programa de obra**



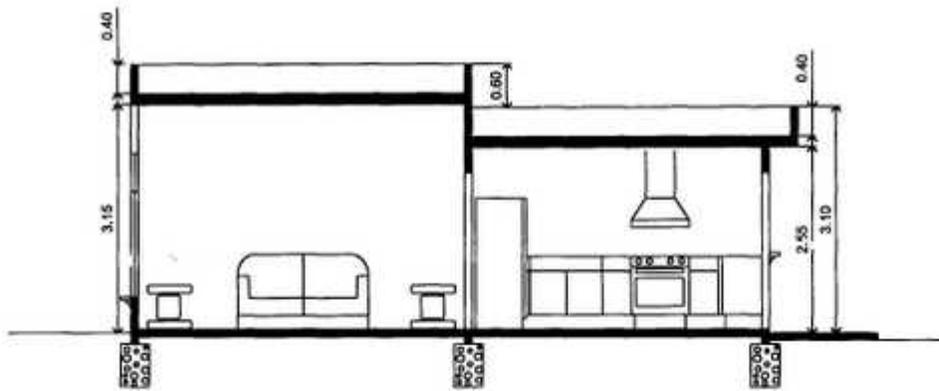
PLANTA ARQUITECTÓNICA



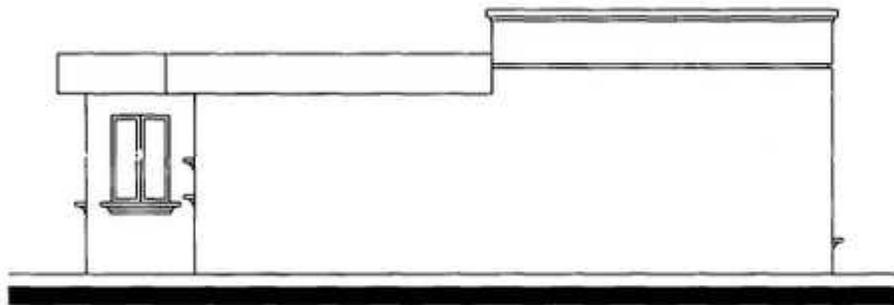
FACHADA POSTERIOR



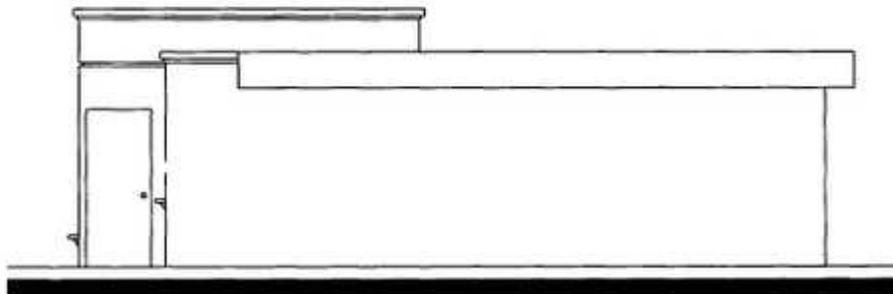
FACHADA PRINCIPAL



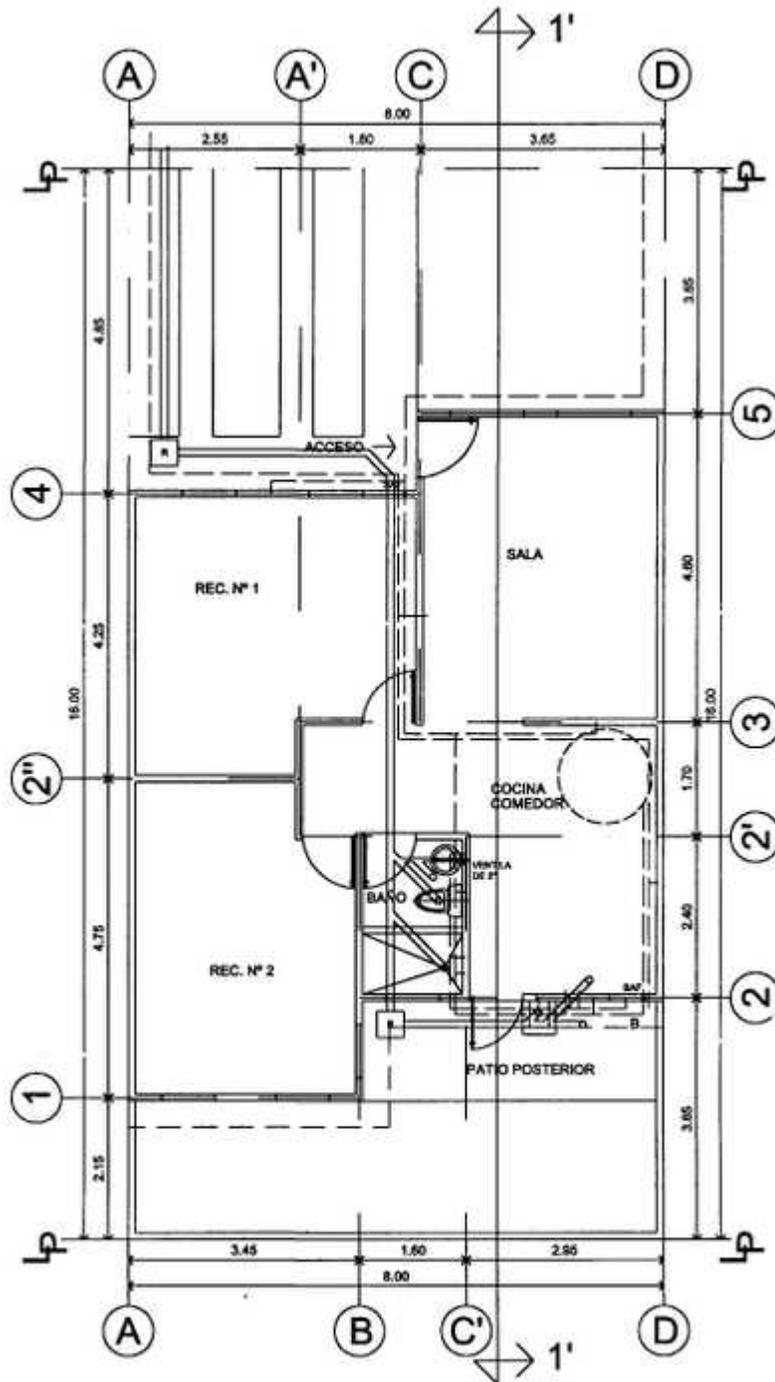
CORTE LONGITUDINAL



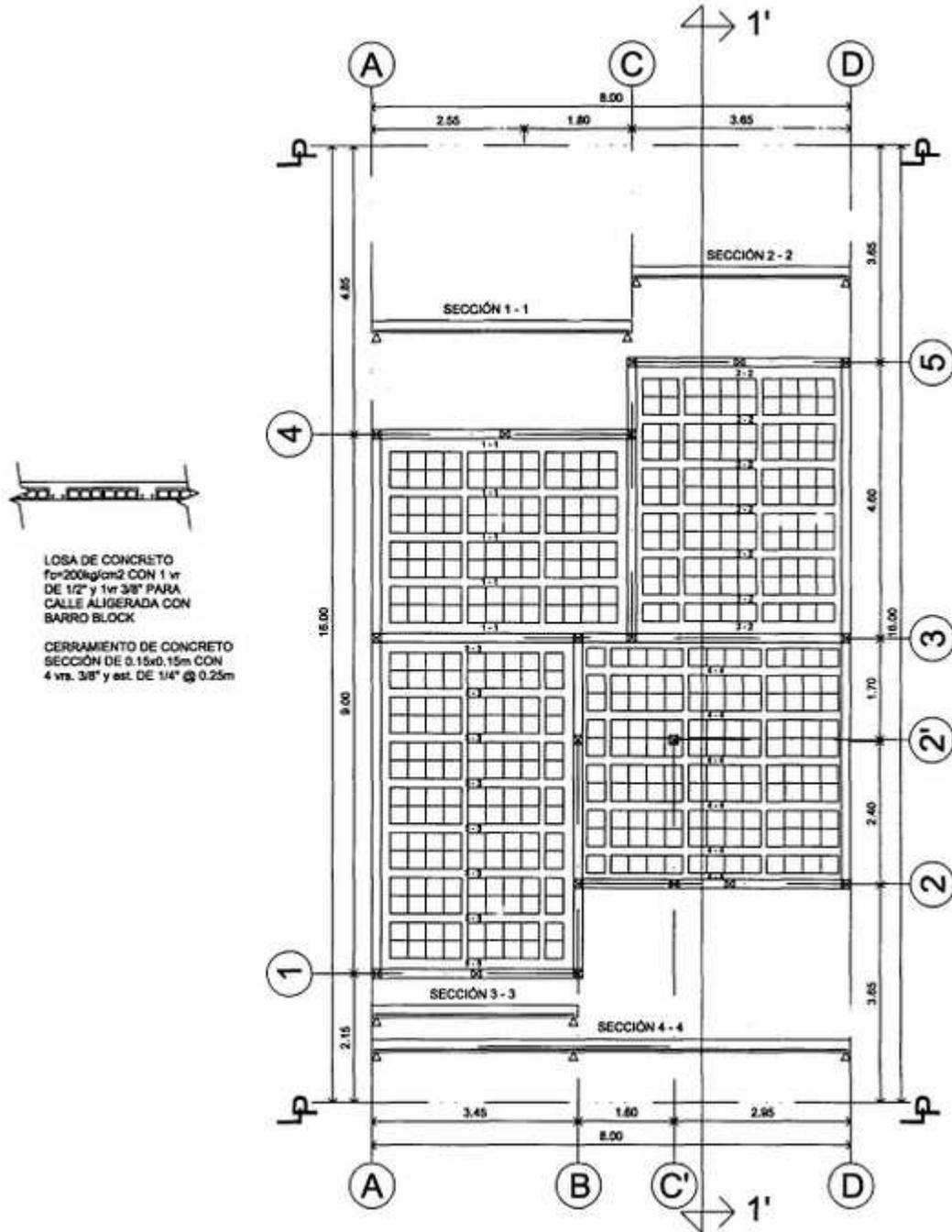
FACHADA LATERAL 1



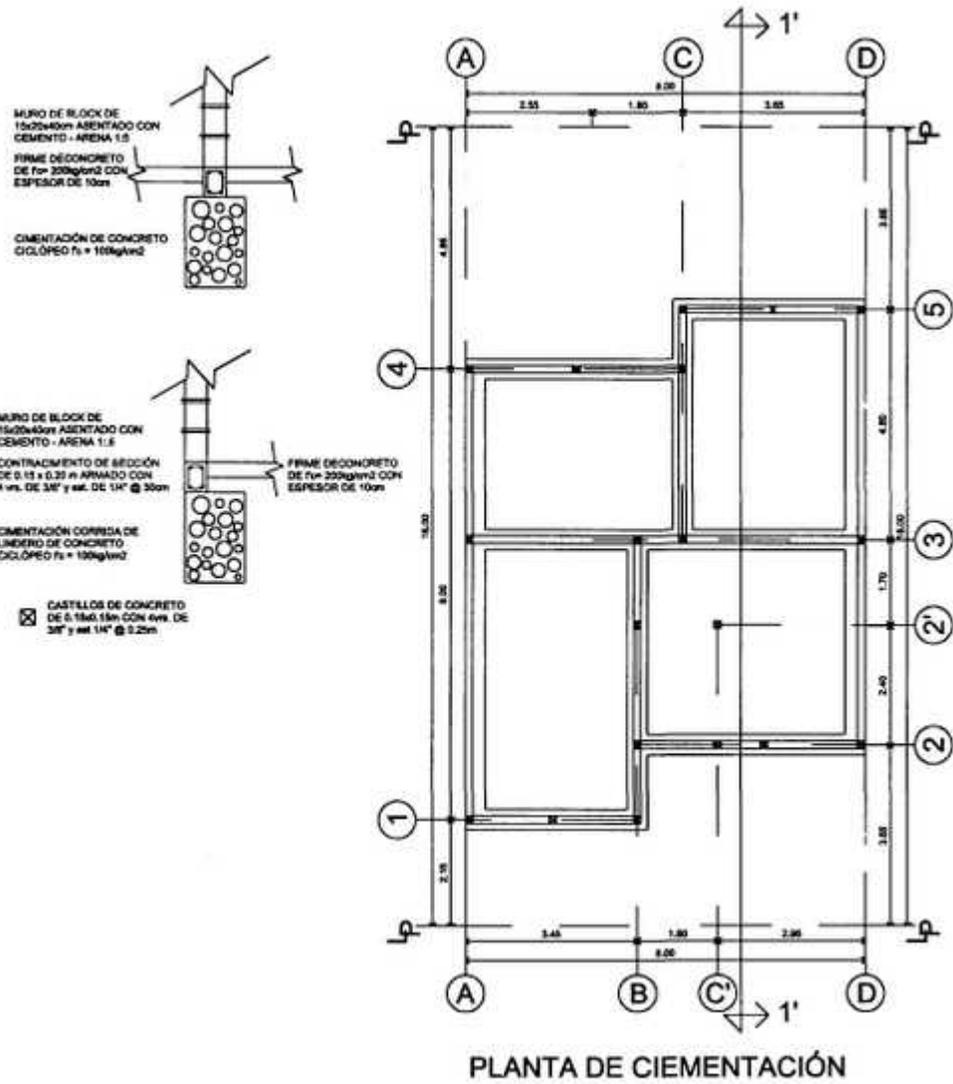
FACHADA LATERAL 2

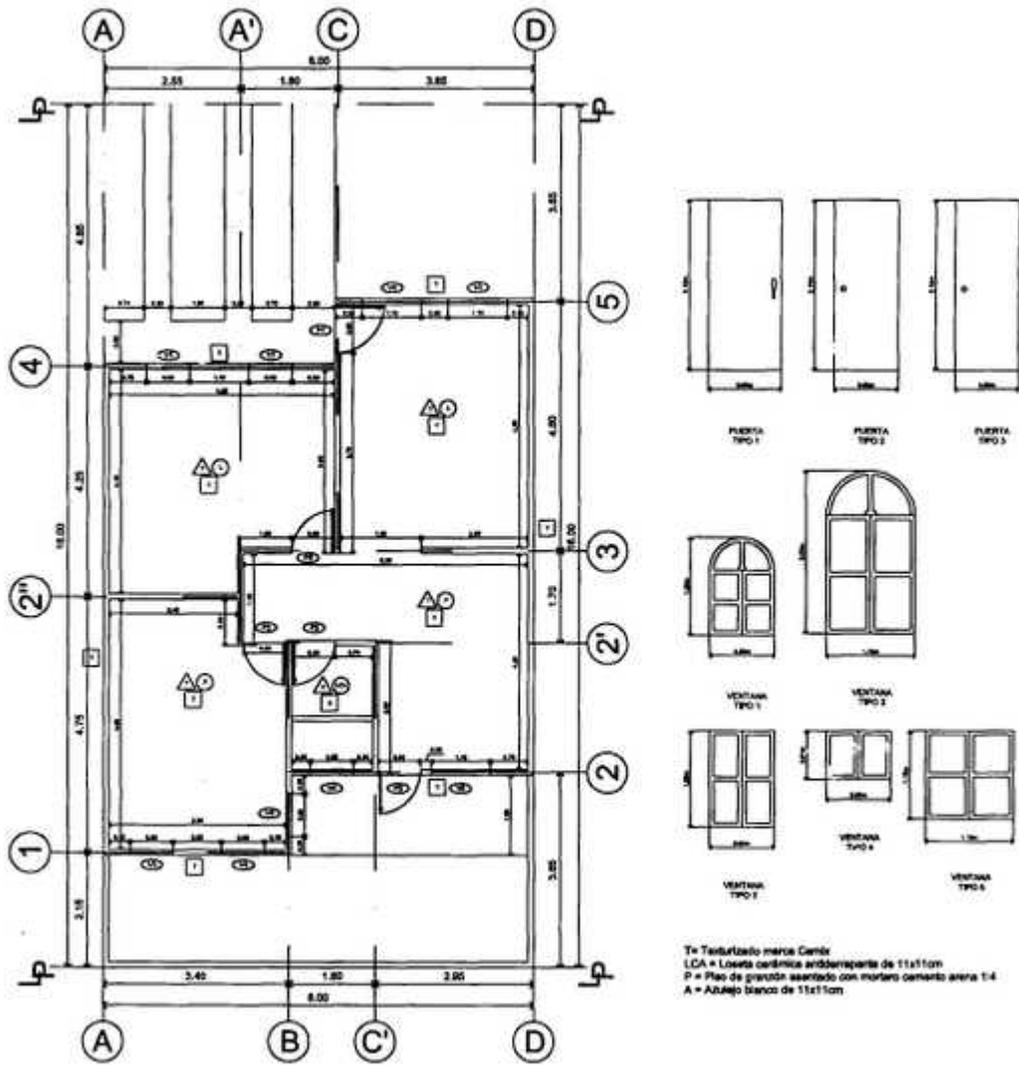


PLANTA DE INSTALACIONES



PLANTA DE LOSAS





DESPLANTE DE MUROS

PRESUPUESTO POR UNIDAD

CLAVE	No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	%
PRELIM		PRELIMINARES					
PRELIM-01	1	Limpieza de terreno a mano incluye despalme a mano de hasta 30 cm de altura con acarreo de hasta 2 metros.	m2	128.0000	2.4075	\$308.16	0.34
PRELIM-02	2	Trazo y nivelación de terreno, incluye: localización general alineación y niveles.	m2	128.0000	2.6810	\$343.17	0.38
TOTAL DE PRELIMINARES						\$651.33	0.72
EXCAVA		EXCAVACIÓN					
EXCAVA-01	3	Excavación en material tipo II con máquina, incluye: afine, taludes, fondo, limpieza y mano de obra.	m3	11.2000	19.0820	\$213.72	0.24
EXCAVA-02	4	Relleno y compactación con bailarina con material producto de excavación en capas de 20 cm medido compactado 90% Proctor, incluye: mano de obra y herramienta.	m3	6.9600	17.4160	\$121.22	0.13
EXCAVA-03	5	Retiro de tierra y escombros en camión cargado a máquina.	m3	8.5000	39.9560	\$339.63	0.37
TOTAL DE EXCAVACIÓN						\$674.56	0.74
CIMENT		CIMENTACIÓN					
CIMENT-01	6	Concreto ciclópeo dosificado $f'c=175$ kg/cm ² vaciado a mano en cimentación.	m3	10.3360	413.588	\$4,274.84	4.70
CIMENT-02	7	Trabe de concreto de $f'c=200$ kg/cm ² de 0.15x0.20 m con 4 var de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 30cm.	ml	48.4500	54.3750	\$2,634.47	2.89
TOTAL DE CIMENTACIÓN						\$6,909.31	7.59
SUESTR		SUPERESTRUCTURA					
SUESTR-01	8	Castillos de concreto $f'c=200$ kg/cm ² de 0.15x0.15m con 4 var de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m, incluye mano de obra, herramienta y cimbra común.	ml	44.6000	58.2900	\$2,599.73	2.85
SUESTR-02	9	Cerramiento de concreto $f'c=200$ kg/cm ² de sección 0.15x0.20 metros con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m incluye: mano de obra, herramienta y cimbra común.	ml	48.4000	54.3675	\$2,631.39	2.89
SUEEST-03	10	Losa de concreto $f'c=200$ kg/cm ² con 1 varilla de 1/2" y 1 var. de 3/8" para calle aligerada con barro block de 0.1x0.3x0.3m. incluye: mano de obra, herramienta y cimbra común.	m2	72.7700	149.738	\$10,896.40	11.97
TOTAL DE SUPERESTRUCTURA						\$16,127.52	17.71
ALBAÑI		ALBAÑILERÍA					
ALBAÑI-01	11	Muro de block de concreto de 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3.	m2	100.8400	75.6300	\$7,626.53	8.37
ALBAÑI-02	12	Pretiles de block 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3.	m2	41.1600	75.6300	\$3,112.93	3.42
ALBAÑI-03	13	Firme para uso residencial de concreto $f'c=175$ kg/cm ² con espesor de 0.10m con agregado máximo de 20 mm y malla	m2	87.0000	90.0000	\$7,830.00	8.60

Apéndice C. Planos generales, presupuesto y programa de obra

CLAVE	No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	%
		electrosoldada de 6x6-10/10 con acabado rugoso o común incluye fabricación, colado y vibrado.					
ALBAÑI-04	14	Banqueta de uso residencial de concreto f'c=175 kg/cm2 de 0.10 m de espesor con varilla de 3/8" a cada 0.40m en ambas direcciones y con acabado escobillado.	m2	10.6400	115.995	\$1,234.19	1.35
ALBAÑI-05	15	Goterón de concreto en alero y volados.	ml	9.5000	20.2875	\$192.73	0.21
TOTAL DE ALBAÑILERÍA						\$19,996.38	21.95
ACABAD		ACABADOS					
ACABAD01	16	Suministro y colocación de loseta cerámica antiderrapante de azulejo blanco de 11x11cm en piso asentado con pasta de cemento crest.	m2	3.8400	137.858	\$529.37	0.59
ACABAD02	17	Suministro y colocación de zoclo cerámico de 6 cm de peralte, incluye: junteo, cortes, desperdicio, boquillas, remates, material y mano de obra.	ml	54.1500	32.4750	\$1,758.52	1.93
ACABAD03	18	Aplicación de texturizado marca cemix, previa aplicación de sellador de la misma marca en muros interior y exterior.	m2	252.1000	31.5000	\$7,941.15	8.72
ACABAD04	19	Suministro y colocación de azulejo blanco de 11x11cm en cielos y muros asentado con pasta cemento crest.	m2	24.0000	124.500	\$2,988.00	3.28
ACABAD05	20	Suministro y colocación de piso de granzón asentado con mortero cemento-arena 1:4.	m2	66.0000	97.5000	\$6,435.00	7.06
ACABAD06	21	Moldura lineal de 5 cm de ancho, de mortero y reglas.	ml	4.0000	48.9000	\$195.60	0.21
ACABAD07	22	Moldura lineal de 20 cm de ancho de mortero y reglas.	ml	18.0000	63.3750	\$1,140.75	1.25
TOTAL DE ACABADOS						\$20,988.39	23.04
AZOTEA		AZOTEAS					
AZOTEA01	23	Empastado y relleno de mortero y tierra inerte en losa para dar pendientes pluviales en 0.10m promedio de espesor.	m2	73.5000	58.1250	\$4,272.19	4.70
AZOTEA02	24	Impermeabilización en azotea con dos capas asfalex y una de permafelt acabado aluminio.	m2	73.5000	17.8425	\$1,311.42	1.43
TOTAL DE AZOTEAS						\$5,583.61	6.13
HERRER		HERRERÍA					
HECACE01	25	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x1.00 m.	pieza	1.0000	127.500	\$127.50	0.14
HACACE02	26	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x0.90 m.	pieza	4.0000	123.750	\$495.00	0.54
TOTAL DE HERRERÍA						\$622.50	0.68
CARPIN		CARPINTERÍA					
CARPIN01	27	Suministro y colocación de puerta entablada de madera de 0.90 m de ancho.	pieza	1.0000	585.000	\$585.00	0.64
CARPIN02	28	Suministro y colocación de puerta de tambor de pino y chapa de triplay de 3 mm de espesor.	pieza	4.0000	240.000	\$960.00	1.06
TOTAL DE CARPINTERÍA						\$1,545.00	1.70

Apéndice C. Planos generales, presupuesto y programa de obra

CLAVE	No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	%
VENTAN		VENTANERÍA					
VENTAN01	29	Suministro y colocación de ventanas de aluminio natural mate con vidrio semi doble de 6mm de espesor.	m2	11.0000	525.000	\$5,775.00	6.34
		TOTAL DE VENTANERÍA				\$5,775.00	6.34
CERRAJ		CERRAJERÍA					
CERRAJ-01	30	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta principal con jaladera modelo #460	pieza	1.0000	142.500	\$142.50	0.15
CERRAJ-02	31	Suministro y colocación de chapa fanal modelo #620 para puerta de madera.	pieza	3.0000	93.7500	\$281.25	0.31
CERRAJ-03	32	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta exterior modelo #175.	pieza	1.0000	97.5000	\$97.50	0.11
		TOTAL DE CERRAJERÍA				\$521.25	0.57
INHISA		INSTALACIÓN HIDROSANITARIA					
INHISA-01	33	Instalación de drenaje habitacional del aparato a descarga incluye instalaciones de aparatos.	salida	7.0000	325.500	\$2,278.50	2.50
INHISA-02	34	Instalación hidráulica habitacional (abasto de agua fría y agua caliente), incluye instalaciones de aparatos.	salida	13.0000	598.500	\$7,780.50	8.54
		TOTAL DE INSTALACIÓN HIDROSANITARIA				\$10,059.00	11.04
INSELE		INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
INSELE-01	35	Salida de cielo habitacional.	salida	7.0000	148.500	\$1,039.50	1.14
INSELE-02	36	Salida de contacto sencillo habitacional.	salida	6.0000	99.0000	\$594.00	0.65
		TOTAL DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA				\$1,633.50	1.79
		TOTAL DE COSTO DIRECTO POR UNIDAD HABITACIONAL				\$91,087.35	100
		(NOVENTA Y UN MIL OCHENTA Y SIETE PESOS 35/100 M.N.)					

**RESUMEN DE PARTIDAS
PRESUPUESTO POR UNIDAD**

CLAVE	PARTIDAS	IMPORTE	%
PRELIM	PRELIMINARES	\$651.33	0.72%
EXCAVA	EXCAVACIÓN	\$674.56	0.74%
CIMENT	CIMENTACIÓN	\$6,909.31	7.59%
SUBESTR	SUPERESTRUCTURA	\$16,127.52	17.71%
ALBAÑI	ALBAÑILERÍA	\$19,996.38	21.95%
ACABAD	ACABADOS	\$20,988.39	23.04%
AZOTEA	AZOTEAS	\$5,583.61	6.13%
HERRER	HERRERÍA	\$622.50	0.68%
CARPIN	CARPINTERÍA	\$1,545.00	1.70%
VENTAN	VENTANERÍA	\$5,775.00	6.34%
CERRAJ	CERRAJERÍA	\$521.25	0.57%
INHISA	INSTALACIÓN HIDROSANITARIA	\$10,059.00	11.04%
INSELE	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$1,633.50	1.79%
TOTAL DE COSTO DIRECTO POR UNIDAD=		\$91,087.35	100.00%

TOTAL DE UNIDADES = 100 CASAS

TOTAL DE COSTO DIRECTO DEL PROYECTO = \$9,108,735

(NUEVE MILLONES UN CIENTO OCHO MIL SETECIENTOS TREINTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.)

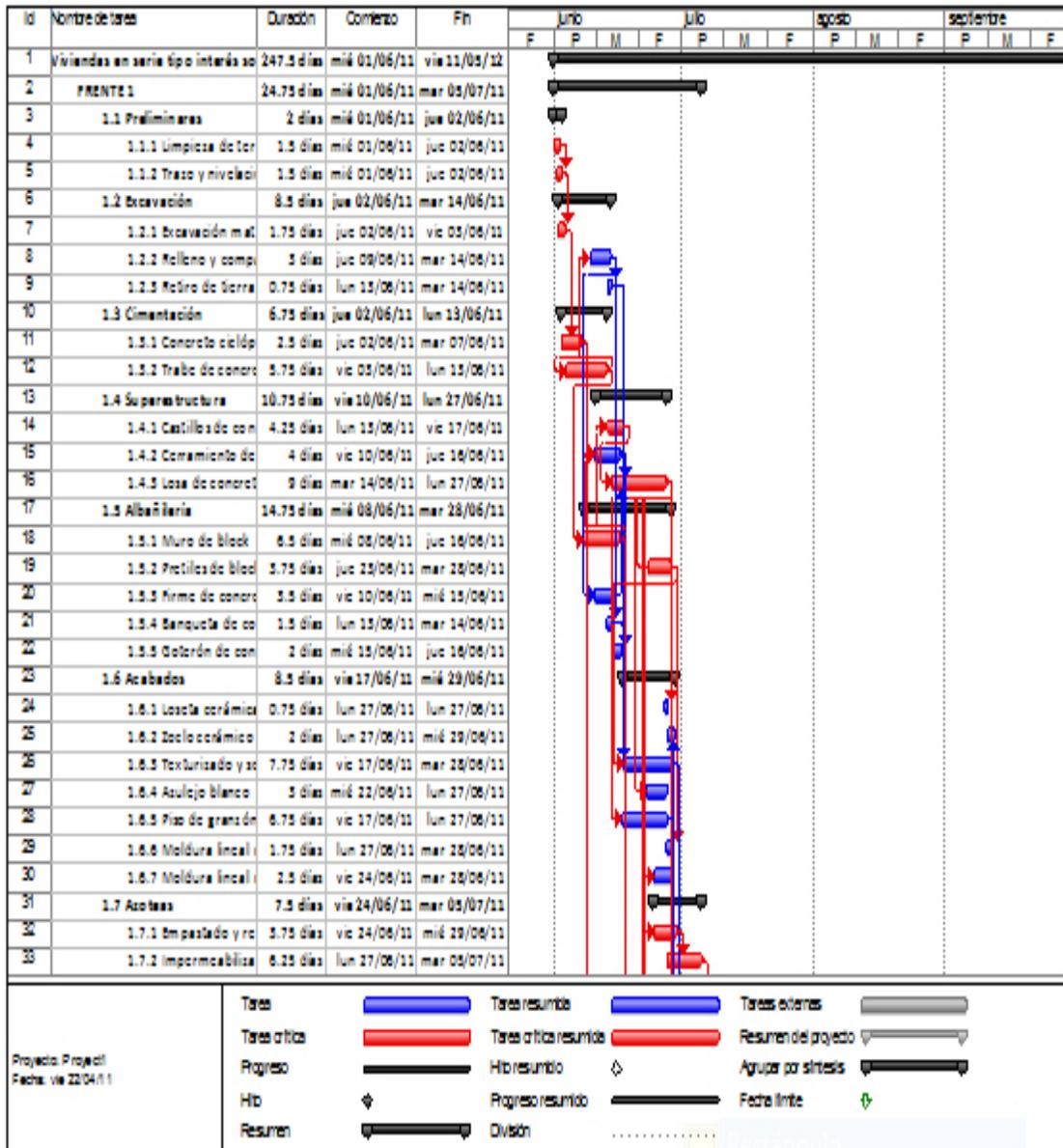
TABLA DE SECUENCIAS

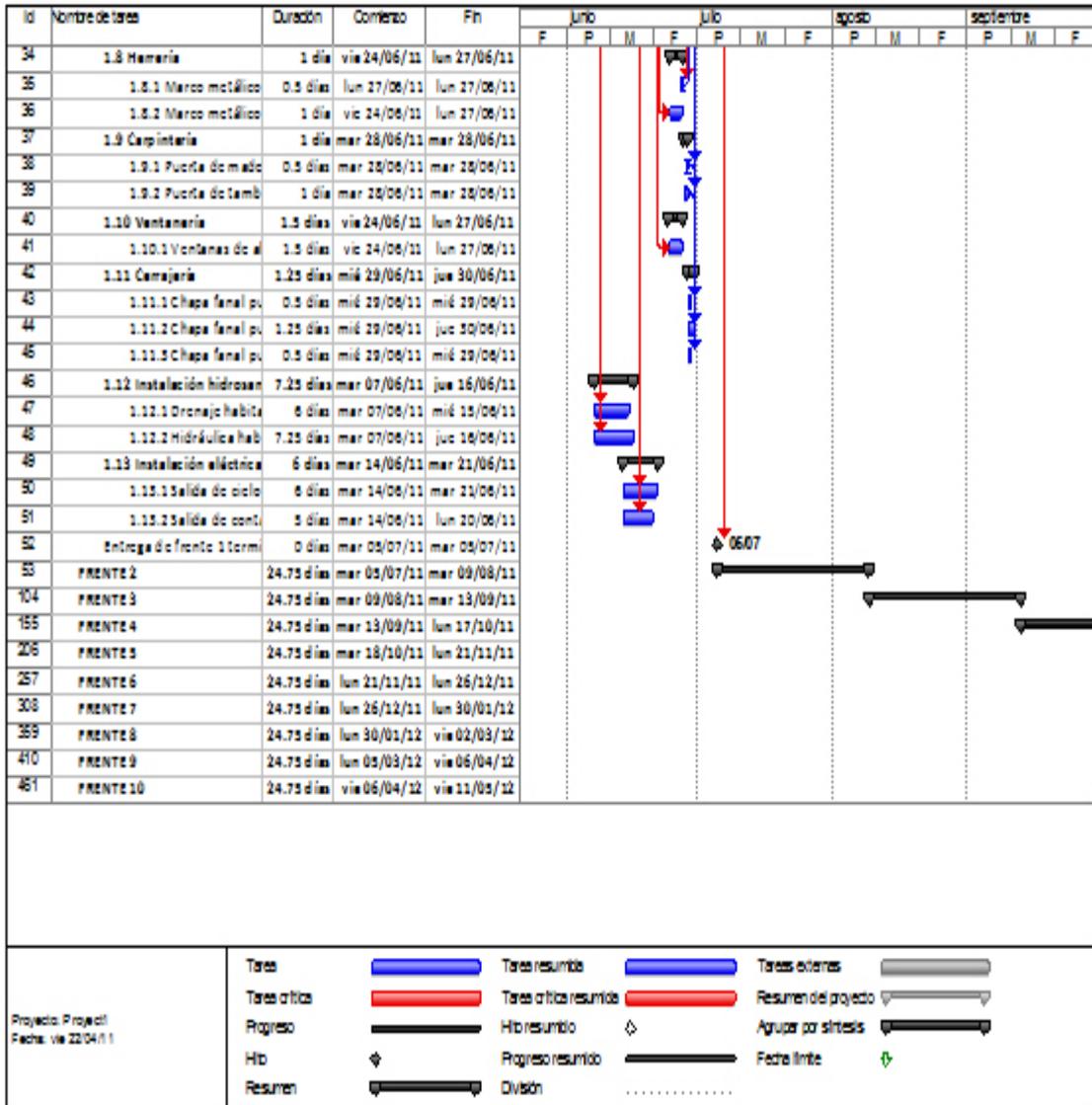
C.	No.	Descripción	Actividades Precedentes
I.		Preliminares	
1.1	1	Limpieza de terreno a mano incluye, despalle a mano de hasta 30 cm de altura con acarreo de hasta 2m.	----
1.2	2	Trazo y nivelación de terreno, incluye: localización general, alineación y niveles.	1 (-1.00 día)
II.		Excavación	
2.1	3	Excavación en material tipo II con máquina, incluye: afine, taludes, fondo limpieza y mano de obra.	2 (-1.00 día)
2.2	4	Relleno y compactación con bailarina con material producto de excavación en capas de 20 cm medido compactado 90% Proctor, incluye: mano de obra y herramienta.	7 (-2.25 días)
2.3	5	Retiro de tierra y escombros en camión cargado a máquina.	4 (-0.50 día)
III.		Cimentación	
3.1	6	Concreto ciclópeo dosificado $f'c=175$ kg/cm ² vaciado a mano en cimentación.	3 (-1.00 día)
3.2	7	Trabe de concreto de $f'c=200$ kg/cm ² de 0.15x0.20m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" @ 30cm.	6 (-1.50 días)
IV.		Superestructura	
4.1	8	Castillos de concreto $f'c=200$ kg/cm ² de 0.15x0.15m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m, incluye mano de obra, herramienta y cimbra común.	11 (-3.25 días)
4.2	9	Cerramiento de concreto $f'c=200$ kg/cm ² de sección 0.15x0.20m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m, incluye: mano de obra, herramienta y cimbra común.	11 (-3.75 días)
4.3	10	Losa de concreto $f'c=200$ kg/cm ² con 1 varilla de 1/2" y 1 varilla de 3/8" para la calle aligerada con barro block de 0.10x0.30x0.30m.	8,9,13 (-3.00 días)
V.		Albañilería	
5.1	11	Muro de block de concreto de 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3	7 (-3.50 días)
5.2	12	Pretiles de block 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3.	10 (-2.50 días)
5.3	13	Firme para uso residencial de concreto $f'c=175$ kg/cm ² con espesor de 0.10m con agregado máximo de 20mm y malla electro soldada de 6x6-10/10 con acabado rugoso o común, incluye: fabricación, colado y vibrado.	4 (-2.00 días)
5.4	14	Banqueta de uso residencial de concreto $f'c=175$ kg/cm ² de 0.10m de espesor con varilla de 3/8" a cada 0.25m y con acabado escobillado.	4 (-1.00 día)
5.5	15	Goterón de concreto en alero y volados.	9 (-1.75 día)
VI.		Acabados	
6.1	16	Suministro y colocación de loseta cerámica antiderrapante de azulejo blanco de 11x11cm en piso asentado con pasta de cemento crest.	10 (-0.50 día)
6.2	17	Suministro y colocación de zoclo cerámico de 6 cm de peralte, incluye: junteo, cortes, desperdicio, boquillas, remates, material y mano de obra.	20, 25 (-0.25 día)
6.3	18	Aplicación de texturizado marca cemix, previa aplicación de sellador de la misma marca en muros interiores y exteriores.	5, 12, 14 (-7.50 día)
6.4	19	Suministro y colocación de azulejo blanco de 11x11 cm en cielos y muros asentado con pasta cemento crest.	10 (-2.75 días)
6.5	20	Suministro y colocación de piso de granzón, asentado con mortero cemento-arena 1:3.	10 (-6.50 días)
6.6	21	Moldura lineal de 5cm de ancho, de mortero y reglas.	12 (-1.50 días)
6.7	22	Moldura lineal de 20cm de ancho de mortero y reglas.	12 (-2.25 días)
VII.		Azoteas	
7.1	23	Empastado y relleno de mortero y tierra inerte en losa para dar pendientes pluviales en 0.10m promedio de espesor.	12 (-2.50 días)
7.2	24	Impermeabilización en azotea con dos capas asfalex y 1 de permafelt acabado aluminio.	23 (-2.50 días)
VIII.		Herrería	
8.1	25	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x1.00m.	10 (-0.25 día)
8.2	26	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x0.90m.	10 (-0.75 día)
IX.		Carpintería	
9.1	27	Suministro y colocación de puerta entablada de madera de 0.90m de ancho.	18 (-0.50 día)
9.2	28	Suministro y colocación de puerta de tambor de pino y chapa de triplay de 3mm de espesor.	18 (-1.00 día)
X.		Ventanería	
10.1	29	Suministro y colocación de ventanas de aluminio natural mate con vidrio semi doble de 6mm de espesor.	10 (-1.25 días)
XI.		Cerrajería	
11.1	30	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta principal con jaladera modelo no. 460.	27
11.2	31	Suministro y colocación de chapa fanal modelo no. 620 para puerta de madera.	28
11.3	32	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta exterior modelo no. 175.	28
XII.		Instalación hidro sanitaria	
12.1	33	Instalación de drenaje habitacional (del aparato a descarga), incluye instalaciones de aparatos.	6
12.2	34	Instalación hidráulica habitacional (abasto de agua fría y caliente), incluye instalaciones de aparatos.	6
XIII.		Instalación eléctrica	
13.1	35	Salida de cielo habitacional.	11 (-2.5 días)
13.2	36	Salida de contacto sencillo habitacional.	11 (-2.5 días)

C.	No.	VALUACIÓN DE TIEMPOS Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento / Cuadrilla	Jornada /Cuadrilla	Cantidad /Cuadrilla	Días neto
I.		Preliminares						
1.1	1	Limpieza de terreno a mano incluye, despirme a mano de hasta 30 cm de altura con acarreo de hasta 2m.	M2	1280	300 m2/jor	4.27	3	1.50
1.2	2	Trazo y nivelación de terreno, incluye: localización general, alineación y niveles.	M2	1280	300 m2/jor	4.27	3	1.50
II.		Excavación						
2.1	3	Excavación en material tipo II con máquina, incluye: afine, taludes, fondo limpieza y mano de obra.	M3	112.0	20.00 m3/jor	5.6	3	1.75
2.2	4	Relleno y compactación con bailarina con material producto de excavación en capas de 20 cm medido compactado 90% Proctor, incluye: mano de obra y herramienta.	M3	69.6	4.00 m3/jor	17.4	6	3.00
2.3	5	Retiro de tierra y escombro en camión cargado a máquina.	M3	85.0	125 m3/jor	0.68	1	0.75
III.		Cimentación						
3.1	6	Concreto ciclópeo dosificado $f'c=175$ kg/cm2 vaciado a mano en cimentación.	M3	103.3	12.50 m3/jor	5.27	3	2.5
3.2	7	Trabe de concreto de $f'c=200$ kg/cm2 de 0.15x0.20m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" @ 30cm.	ML	484.0	25.00 ML/jor	19.36	3	5.75
IV.		Superestructura						
4.1	8	Castillos de concreto $f'c=200$ kg/cm2 de 0.15x0.15m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m, incluye mano de obra, herramienta y cimbra común.	ML	446.0	32.50 ML/jor	13.72	3	4.25
4.2	9	Cerramiento de concreto $f'c=200$ kg/cm2 de sección 0.15x0.20m con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" a cada 0.20m, incluye: mano de obra, herramienta y cimbra común.	ML	484.0	37.50 ML/jor	12.90	3	4.00
4.3	10	Losa de concreto $f'c=200$ kg/cm2 con 1 varilla de 1/2" y 1 varilla de 3/8" para la calle aligerada con barro block de 0.10x0.30x0.30m.	M2	727.7	10.00 M2/jor	72.77	8	9.00
V.		Albañilería						
5.1	11	Muro de block de concreto de 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3	M2	1008.4	25.00 M2/jor	40.33	6	6.50
5.2	12	Pretilos de block 0.15x0.20x0.40m asentado con mortero cemento-arena 1:3.	M2	411.6	20.00 M2/jor	20.58	5	3.75
5.3	13	Firme para uso residencial de concreto $f'c=175$ kg/cm2 con espesor de 0.10m con agregado máximo de 20mm y malla electro soldada de 6x6-10/10 con acabado rugoso o común, incluye: fabricación, colado y vibrado.	M2	870.0	65.00 M2/jor	13.38	4	3.50
5.4	14	Banqueta de uso residencial de concreto $f'c=175$ kg/cm2 de 0.10m de espesor con varilla de 3/8" a cada 0.25m y con acabado escobillado.	M2	106.4	17.00 M2/jor	6.26	4	1.50
5.5	15	Goterón de concreto en alero y volados.	ML	95.0	40.00	2.38	1	2.00
VI.		Acabados						
6.1	16	Suministro y colocación de loseta cerámica antiderrapante de azulejo blanco de 11x11cm en piso asentado con pasta de cemento crest.	M2	38.4	27.50 ML/jor	1.40	2	0.75
6.2	17	Suministro y colocación de zoclo cerámico de 6 cm de peralte, incluye: junteo, cortes, desperdicio, boquillas, remates, material y mano de obra.	ML	541.5	100.00 ML/jor	5.415	3	2.00
6.3	18	Aplicación de texturizado marca cemix, previa aplicación de sellador de la misma marca en muros interiores y exteriores.	M2	2521.0	50.00 M2/jor	50.42	7	7.75
6.4	19	Suministro y colocación de azulejo blanco de 11x11 cm en cielos y muros asentado con pasta cemento crest.	M2	240.0	20.00 M2/jor	12.00	4	3.00
6.5	20	Suministro y colocación de piso de granzón, asentado con mortero cemento-arena 1:3.	M2	660.0	25.00 M2/jor	26.40	4	6.75
6.6	21	Moldura lineal de 5cm de ancho, de mortero y reglas.	ML	40.0	25.00 ML/jor	1.60	2	1.75
6.7	22	Moldura lineal de 20cm de ancho de mortero y reglas.	ML	180.0	25.00 ML/jor	7.2	3	2.50
VII.		Azoteas						
7.1	23	Empastado y relleno de mortero y tierra inerte en losa para dar pendientes pluviales en 0.10m promedio de espesor.	M2	735.0	50.00 M2/jor	14.70	4	3.75

Apéndice C. Planos generales, presupuesto y programa de obra

7.2	24	Impermeabilización en azotea con dos capas asfalex y 1 de permafelt acabado aluminio.	M2	735.0	40.00 M2/jor	18.38	3	6.25
VIII. Herrería								
8.1	25	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x1.00m.	Pieza	10.0	20.00 Piezas/jor	0.50	1	0.50
8.2	26	Suministro y colocación de marco metálico tubular estándar colocado con mortero cemento-arena 1:3 de 2.10x0.90m.	Pieza	40.0	20.00 Piezas/jor	2.00	2	1.00
IX. Carpintería								
9.1	27	Suministro y colocación de puerta entablada de madera de 0.90m de ancho.	pieza	10.0	20.00 Piezas/jor	0.50	1	0.50
9.2	28	Suministro y colocación de puerta de tambor de pino y chapa de triplay de 3mm de espesor.	Pieza	40.0	20.00 Piezas/jor	2.00	2	1.00
X. Ventanería								
10.1	29	Suministro y colocación de ventanas de aluminio natural mate con vidrio semi doble de 6mm de espesor.	M2	110.0	40.00 M2/jor	2.75	2	1.50
XI. Cerrajería								
11.1	30	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta principal con jaladera modelo no. 460.	Pieza	10.0	25 piezas por jor	0.40	1	0.50
11.2	31	Suministro y colocación de chapa fanal modelo no. 620 para puerta de madera.	Pieza	30.0	25 piezas por jor	1.20	1	1.25
11.3	32	Suministro y colocación de chapa fanal para puerta exterior modelo no. 175.	Pieza	10.0	25 piezas por jor	0.40	1	0.50
XII. Instalación hidrosanitaria								
12.1	33	Instalación de drenaje habitacional (del aparato a descarga), incluye instalaciones de aparatos.	Salida	70.0	3.00 Salida por jor	23.33	4	6.00
12.2	34	Instalación hidráulica habitacional (abasto de agua fría y caliente), incluye instalaciones de aparatos.	Salida	130.0	3.00 Salida por jor	43.33	6	7.25
XIII. Instalación eléctrica								
13.1	35	Salida de cielo habitacional.	Salida	70.0	3.00 Salida por jor	23.33	4	6.00
13.2	36	Salida de contacto sencillo habitacional.	Salida	60.0	3.00 Salida por jor	20	4	5.00





Referencias

Referencias

- [1] Al-Bahar, J.F. and Crandall, K.C., 1990. "*Systematic Risk Management Approach for Construction Projects*", Journal of Construction Engineering and Management, 116(3), 533-546.
- [2] Avots, Ivars, October 1981. "*Cost Relevance Analysis*". Paper presented at IMSA Seminar, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- [3] Barraza, Gabriel, 1998. "*Probabilistic Project Control Using Integrated Stochastic S Curves*". Tesis Doctoral, México.
- [4] Beeston, D., 1986. "*Combining Risks in Estimating Construction Management and Economics*", 4, 75-79.
- [5] Canals Arenas, Jorge Ricardo. "*El contrato de obra pública*", Editorial Trillas, 1994, México D.F.
- [6] CII, 1988. "*Construction Industry Institute, CII*", The University of Austin Texas.
- [7] Constructions Risk and Liability Sharing, 1979. "*Constructions Risk and Liability Sharing*", Conference, Vol. I and II, ASCE, New York.
- [8] Crouch, Edmund A.C., and Wilson, Richard, 1982. "*Risk/Benefit Analysis*". Cambridge, MA.
- [9] Diekmann James E., Swester Edward E., Taher Khalid., 1989. "*Management of Projects Risks and Uncertainties*", The Constructions Industry Institute (CII), The University of Austin Texas.
- [10] Dikmen, Rem, 2004, "*Special Topics in Construction Risk Management*", Unpublished Lecture Notes.
- [11] Doherty, Neil A. "*Corporate Risk Management*". New York, McGraw Hill.
- [12] Edwards, L., 1995. "*Practical Risk Management in the Construction Industry*", London: Thomas Telford.
- [13] Finley, E.D. and Fisher, D. 1994. "*Project Scheduling Risk Assessment Using Monte Carlo Methods*". Cost Engineering, 36 (10), 24-27.

-
- [14] Fischer, S. and Dornbusch, R. "*Introduction to Macroeconomics*", McGrawHill, 1995.
- [15] Flanagan Roger and Norman George, 1993. "*Risk Management and Construction*". Black Scientific Publications, Oxford.
- [16] Galindo, Alejandro, 2001. "*Control Probabilístico de Proyectos con Base en la Administración de Contingencias*", Tesis de Maestría, México.
- [17] Grey, Stephen, 1995. "*Practical Risk Assessment for Project Management*", John Wiley and Sons, England.
- [18] Harrison, F.L. "*Advanced Project Management*". John Wiley and Sons, New York, 1981.
- [19] Hayes, R.W. and Perry, J. G., 1987. "*Risk Management in Engineering Construction - Implications for Project Managers*", Project Management Group, UMIST, Thomas Telford Ltd., UK.
- [20] Kangari, Roozbeh, December 1995. "*Risk Management And Trends of U.S. Constructions*". Journal of Constructions Engeneering and Management, ASCE, Vol. 4 pgs. 422-429.
- [21] LOPSRM., "*Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con los Mismos*", artículo 45, 2006. LOPSRM.
- [22] Madenburg, R.S. and Humphrey, M.C. "*Assessing and Managing Project Risk*". (Personal correspondence).
- [23] McKim, R.A., 1992. "*Risk Management-Back to Basics*", Cost Engineering, 34(12), 7-12.
- [24] Merewitz, L. "*Cost Overruns in Public Works*", in Benefit-Cost and Policy Analysis 1972, Aldine Publishing Co., Chicago, 1973.
- [25] Merrow, E.W., Chapel, S.W., and Worthing, Ch. "*A Review of Cost Estimation in New Technologies*". The Rand Corporation, 1985.
- [26] Murphy, D.C., Baker, B.N., and Fisher, D. "*Determinants of Project Success*", N-74-30392. National Technical Information Services, Springfield, VA, 1984.

-
- [27] Ortiz, Fabiola; Carniado, Santiago y Bain, Robert. "*Sector de Carreteras de Cuota en México*", Revisión Crediticia. Standard and Poor's, Septiembre 2006.
- [28] Ostwald, P.F. "*Cost Estimating for Engineering and Management*", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1982.
- [29] Paek, J. H., Lee, Y. W., and Ock, J. H., 1993. "*Pricing Construction Risk*". Pages 743-756.
- [30] Palisade Corporation, 2010. "*Software @Risk versión 5.7*", <http://www.palisade-Ita.com/risk/>
- [31] Patrascu, Angel, 1988. "*Constructions Cost Engineering Handbook*". New York, Dekker.
- [32] Perry J.G and Hayes R.W., 1986. "*Risk and Its Management in Construction Projects*", Discussion, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 80(1).
- [33] PMI, 2008. "*(A Guide to PMBOK), Project Management Institute (PMI)*".
- [34] Raftery, J., 1994. "*Risk Analysis in Project Management*", Edmundsbury Press Limited.
- [35] Singer-Kerel, Maurice Flamant. "*The inflation*", Oikos-Tau, 2005.
- [36] Stukhart, G. "*Inflation and the Construction Industry*", Journal of the Construction Division, ASCE, Vol. 108, 1982.
- [37] Thompson, P.A., and Perr, J. G., 1992. "*Engineering Construction Risks*", SERC Project Report, Thomas Telford Ltd., UK.
- [38] Ward Stephan, September 1999. "*Requirements for an Effective Project Risk Management Process*". Journal Project Management, vol. 3, págs 37-43.
- [39] Wideman, R.M., 1992. "*Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities*", Project Management Institute, PA, USA.
- [40] Williamson, R.S., Donnel, W.R., and Browder, J.F. "*Estimate Contingency, Risk, and Accuracy – What do they mean?*". Transactions American Association of Cost Engineers, 1980.
- [41] Zorrilla, Z. Juan Pablo, 2004. "*La Administración de los Riesgos*", México 2004.

Índice de figuras

Índice de tablas

Índice de figuras

	Pág.
Figura III.1 Técnicas de la etapa de identificación de riesgos conocidas y aplicadas en la industria de la construcción en México	39
Figura III.2 Métodos de la etapa de cuantificación de riesgos conocidos y aplicados en la industria de la construcción en México	39
Figura III.3 Estrategias de respuesta a los riesgos conocidas y aplicadas en la industria de la construcción en México	40
Figura III.4 Técnicas de control de los planes de respuesta a los México	40
Figura III.5 Causas que originan que no se aplique la metodología de administración de riesgos en la industria de la construcción en México	41
Figura III.6 Estado del registro de riesgos en la industria de la construcción en México.....	41
Figura IV.1 Ejemplo de un diagrama causa – efecto.....	49
Figura IV.2 Ejemplo de un diagrama de proceso	50
Figura IV.3 Notación de nodos de un diagrama de flujo	51
Figura IV.4 Relación de nodos de un diagrama de flujo	52
Figura IV.5 Ejemplo de un árbol de decisión	54
Figura IV.6 Matriz de probabilidad – impacto.....	55
Figura V.1 Fuentes de riesgos según Diekman, 1989	66
Figura V.2 Lista de verificación de Avots, 1981	67
Figura V.3 Identificación de riesgos que causan sobre costo mediante el método de diagrama causa – efecto	70
Figura V.4 Resultados del análisis de riesgos de costos con el software <i>@Risk 5.7</i>	73
Figura V.5 Probabilidad de éxito de acuerdo al costo.....	74

Índice de tablas

	Pág.
Tabla II.1 Distribución de riesgos, estudio Kangari 1993	28
Tabla II.2 Clasificación de los riesgos según su importancia, estudio Kangari 1993	29
Tabla II.3 Cambios sobre la responsabilidad de los riesgos entre los clientes y contratistas.....	29
Tabla II.4 Cambios sobre los riesgos más importantes y menos importantes.....	29
Tabla III.1 Distribución de los riesgos inherentes a los proyectos de construcción entre los constructores y clientes en la industria de la construcción en México	42
Tabla V.1 Impacto de los riesgos identificados	69
Tabla V.2 Rango de costos para actividades del frente 1	72
Tabla V.3 Rango de duraciones para actividades del frente 1	74
Tabla V.4 Estrategias de respuesta al riesgo y planes de acción	77
Tabla V.5 Actividades más importantes según el método del CII	79
Tabla V.6 Cálculo de la distribución del fondo de contingencia de costo entre las actividades más importantes	80
Tabla V.7 Asignación de contingencia de costo entre las actividades más importantes	81
Tabla A.1 Índice de costos de la construcción	89
Tabla B.1 Distribución de riesgos e importancia entre contratistas y clientes	94