

# CAPÍTULO 3: EGRESOS

## A. PRESUPUESTO

Los egresos del proyecto serán calculados por medio de un presupuesto dividido en siete partidas:

### I. Terreno

Existen dos maneras de adquirir un terreno para construir un desarrollo inmobiliario. La primera es la compra directa. Según la experiencia de diferentes desarrolladores, constituye aproximadamente del 15 al 20%, del precio de venta total del desarrollo inmobiliario. Para el caso de estudio, el costo del terreno será de \$5, 000,000.00.

La segunda es el establecimiento de un fideicomiso. Éste permitirá tener varios participantes en el negocio de construcción y venta del desarrollo inmobiliario. De esta manera, los socios podrán aportar a la sociedad el terreno y/o proyectos ejecutivos, construcción, ventas, capital, etc. Los flujos provenientes de la venta de los inmuebles construidos serán administrados por el fiduciario (institución financiera) y se utilizarán para los fines acordados previamente por las partes. Para este caso, el costo del terreno es de \$5, 500,000.00, ya que el dueño del terreno se asoció al proyecto a través de un fideicomiso, a fin de ganar un porcentaje sobre su venta. Los costos del fideicomiso se verán en costos legales.

### II. Costos del proyecto

En los costos del proyecto se incluyen los siguientes conceptos importantes:

CONCEPTO	COSTO
1. Mecánica de suelos	\$ 27,192.00
2. Proyecto de instalaciones	\$ 110,365.50
3. Levantamiento topográfico	\$ 10,325.00
4. Proyecto arquitectónico	\$ 215,752.92
5. Cálculo estructural	\$ 112,171.00

6. Director responsable de obra para la demolición	\$ 11,500.00
7. Director responsable de obra para la construcción	\$ 18,000.00
8. Corresponsable de instalaciones	\$ 20,950.00
9. Corresponsable estructural	\$ 11, 500.00

Las partidas uno a cinco representan los diferentes estudios individuales que se deben realizar y que se integrarán al proyecto inmobiliario. Las otras partidas, de la 6 a la 9, corresponden a los directores y corresponsables que firman durante ejecución de la obra.

### III. Costos de licencias, permisos e infraestructura

Las licencias y permisos que se necesitan para ejecutar la obra son:

- a. Alineamiento y número oficial: trámite que se realiza en la delegación con la que se ubicará el proyecto inmobiliario. En general, se solicitan datos del predio, sus dimensiones y un croquis de localización. La vigencia del trámite es de dos años y para este proyecto tiene un costo de \$1,692.00.
- b. Uso de suelo con factibilidad de servicios: este trámite se realiza en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI). Es una solicitud que se presenta para informar que el uso o destino que se pretende dar al predio o inmueble es compatible con lo establecido en las leyes, los reglamentos y las normas aplicables. En general, la secretaría solicita prediales pagados, así como la escritura pública de la propiedad, constancia de protección civil, recibos pagados de uso de suelo, de agua y croquis de localización del predio. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$2,900.00.
- c. Gestoría para obtención de Uso de Suelo con factibilidad: se encarga de la tramitación de permisos y licencias. Para este proyecto tiene un costo de \$10,000.00
- d. Art. 202 VI a): Pago de Derechos de Agua Potable: trámite que se realiza ante el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM). La información necesaria para este trámite es: metros cuadrados de construcción, ubicación de la obra, datos del

propietario o poseedor, determinación de los derechos a pagar, autorización de uso de redes de agua y drenaje (estudio de solicitud y documentación del trámite). Para este proyecto el trámite tiene un costo de \$6,812.00.

- e. Art. 202 VI b): Pago de Derechos Drenaje: trámite que se hace junto con el de pago de derechos de agua potable. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$10,456.00.
- f. Art. 203: Es el trámite de pago de derechos para obtener la autorización de uso de las redes de agua y drenaje. Se debe realizar el pago por los primeros 50 m<sup>2</sup> de construcción, además por los metros de construcción que excedan de éstos. El trámite tiene un costo total para el proyecto de \$ 140,714.70.
- g. Art. 203 Frac III: Trámite de pago de derechos y aprovechamientos por manifestación de construcción tipo B. La información necesaria para este trámite es: datos del propietario o poseedor y del director responsable de obra y determinación de los derechos a pagar. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$148.32.
- h. Art. 206 Fracc I: Derechos de Expedición Modalidad "Tipo B": se pagan por la licencia de construcción en modalidad tipo B (para usos no habitacionales o mixtos de hasta 5,000 m<sup>2</sup>, o más de 10,000 m<sup>2</sup> con uso habitacional). En general, la información requerida para este trámite son los datos del propietario o poseedor, el representante legal, el director responsable de obra, el predio, la inversión, constancia de alineamiento y número oficial vigente, proyecto estructural y arquitectónico y autorización de impacto ambiental. Para este proyecto, el trámite tiene un costo \$37,873.00.
- i. Art. 208 Fracc. II; Licencia en Condominio: pago que se debe realizar al constituir el régimen en condominio. Para este trámite se necesitan los datos del contribuyente o usuario, los datos de ubicación del inmueble y el importe de los derechos. En este proyecto, el trámite tiene un costo de \$18,982.00.
- j. Art. 319 Zona III frac III: establece que las personas físicas o morales que realicen obras o construcciones de más de 200 metros cuadrados de construcción en el

Distrito Federal deberán cubrir el pago por concepto de aprovechamientos, para que la autoridad competente realice las acciones para prevenir, mitigar o compensar los efectos del impacto vial. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$98,538.00.

- k. Licencia especial de demolición y sustitución de árboles: pago que se debe realizar para la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción para mejorar su control. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$3,562.00.
- l. Avalúo del predio: gasto generado por la estimación del valor comercial del predio en el que se desea realizar una obra. Para este proyecto, tiene un costo de \$ 15,543.68.
- m. Toma de la Compañía de Luz y Fuerza (o la que se encuentre encargada del servicio): trámite ante la compañía de Luz y Fuerza para obtener la dotación del servicio de luz y fuerza. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$ 130,000.00.
- n. Estudio de impacto ambiental: encaminado a identificar, predecir, interpretar, valorar, prevenir y comunicar los efectos que una obra o proyecto pueden ocasionar sobre el medio, procurando que se minimice el impacto ambiental negativo y previsible. Para el pago y solicitud de otros permisos, es preciso contar con este estudio. Para este proyecto, el trámite tiene un costo de \$ 51,750.00.
- o. Estudio de impacto vial: encaminado a identificar el efecto generado por el tráfico atraído por las actividades del nuevo proyecto. Para el pago y solicitud de otros permisos, es un requisito contar con este estudio. Para este proyecto, tiene un costo de \$ 25,070.00.

#### IV. Costos legales

De los que existen en un proyecto inmobiliario, podemos destacar:

1. La constitución del régimen de condominio. Existen varios requisitos para poder establecer el régimen de propiedad en condominio:
  - i. Título de propiedad del inmueble (escritura con datos de inscripción en el Registro Público de la Propiedad).
  - ii. Si adquirió primero el terreno y después construyó o se ampliaron las construcciones, se requiere presentar, además:
    - a) Licencia de uso de suelo.
    - b) Alineamiento y número oficial.
    - c) Licencia de construcción o ampliación según sea el caso.
    - d) Aviso o manifestación de obra privada o ampliación según el caso.
    - e) Reglamento del condominio aprobado por la autoridad.
    - f) Tabla de indivisos aprobada por la autoridad.
    - g) Descripción del Régimen, aprobada por la autoridad.
    - h) Descripción de áreas privativas con superficies, medidas y colindancias, aprobada por la autoridad.
    - i) Licencia de cambio a régimen de propiedad en condominio.
    - j) Planos autorizados.
    - k) En su caso, boletas prediales y de agua de las áreas privativas
    - l) Acta de matrimonio del (los) propietarios (si cuando se adquirió el inmueble, el propietario estaba casado).
    - m) Identificación oficial (*credencial de elector o pasaporte*).
    - n) Si el propietario del inmueble va a estar representado en el momento de la escritura, se requerirá un poder notarial en el cual consten las facultades de representación, así como los datos generales del apoderado.

- o) Si el propietario del inmueble es una sociedad, se requerirá, además:
  - I. Acta constitutiva de la sociedad así como de todas las reformas que hubiera sufrido la misma.
  - II. Nombre del apoderado así como sus generales.
  - III. Poder notarial o escritura, en la que consten las facultades para representar a la sociedad.
  
- p) Si el propietario del inmueble es mexicano por nacimiento pero hijo de padre o madre extranjero, deberá presentar su certificado de nacionalidad mexicana por nacimiento.
  
- q) Si el propietario del inmueble es extranjero, requerirá presentar el documento que acredite su estancia legal en el país.

Para este proyecto, el costo de constitución del régimen de condominio es de \$80,000.00.

- 2. La individualización de boletas prediales y de agua: la individualización de cuentas de agua y del predial implica la asignación de un número a cada vivienda interna.

Los requisitos para realizar la individualización de la boleta del agua son una carta de solicitud, copia de las escrituras de la vivienda, identificación oficial y la última boleta predial.

Los requisitos para realizar la individualización de la boleta predial son:

- i. Escritura Pública inscrita en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio o,
- ii. Sentencia Judicial debidamente ejecutoriada e inscrita en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio o,
- iii. Contrato privado de compraventa inscrito en el Registro Público de la Propiedad y de Comercio o

- iv. Acta, constancia, contrato de entrega de vivienda (proporcionado por el organismo de vivienda) o
- v. Acta constitutiva de condominio, copropiedad, cooperativa o acción civil.
- vi. Identificación oficial del contribuyente

Para este proyecto, el costo de individualización de la boleta predial y de agua es de \$15,000.00.

3. Fideicomiso: para poder establecerlo, los requisitos son:

- i. Constitución del fideicomiso ante notario
- ii. Poder mutuo para actos de dominio de los propietarios
- iii. Aceptación del cargo de fiduciario
- iv. Administración del fideicomiso por año
- v. Cancelación del fideicomiso ante fiduciario

Las comisiones del fideicomiso son por las siguientes causas:

- Por la aceptación del cargo de fiduciario, o sea, por la aceptación del cargo, el estudio del negocio y los documentos soporte: de la negociación, la elaboración y firma del contrato respectivo.
- Por la administración del negocio, la comisión deriva de la realización de funciones administrativas por el fiduciario, incluyendo la administración y conservación del patrimonio del fideicomiso, ejecución de los fines, mandato o depósito; inversión del patrimonio del fideicomiso o de los recursos entregados para la ejecución del mandato o depósito condicionado; apertura y mantenimiento de cuentas y registros; generación de estados de cuenta y cualquier otra función requerida al fiduciario bajo los términos del contrato respectivo.
- Por el uso de los servicios bancarios necesarios para la ejecución del negocio, tales como expedición de cheques, órdenes de pago, transferencias interbancarias, etc.

Los costos del fideicomiso, en este proyecto, son:

- a) Constitución ante notario (\$35,000.00).
- b) Poder mutuo para actos de dominio de los propietarios (\$1,500.00).
- c) Aceptación del cargo de fiduciario (\$13,254.58).
- d) Administración del fideicomiso por año (\$105,867.25).
- e) Cancelación del fideicomiso ante fiduciario (\$1,100.00).

## **V. Costos financieros**

Son por el crédito adquirido en el proyecto. Se pueden dividir en:

1. Investigación de Mercado de la SOFOL: costo por averiguar cuál es la mejor institución financiera para el proyecto; en este caso tuvo un costo de \$3,000.00.
2. Costos Notariales por Registro de Contrato Crédito Puente: es lo que cobra la notaría por registrar el crédito proporcionado por la institución financiera.
3. Comisión por Apertura de Crédito Puente: la cobra la institución financiera por el crédito; el porcentaje varía dependiendo de cuál sea, pero por lo general es del 2.5% sobre el valor del proyecto. Se paga en la primera disposición económica del crédito.
4. Seguros y fianzas durante la construcción, exigidos por todas las instituciones financieras que otorgan créditos para su protección.
5. Intereses del Crédito Puente: pago mensual a la institución financiera por el préstamo. La tasa de interés es la Tasa de Interés Interbancaria (TIIE), más el porcentaje que fija cada institución financiera, que en general es del 5%.

Los costos son variables, ya que el valor del proyecto cambia durante el tiempo. Esto se explicará cuando se haga el análisis del costo financiero.

## **VI. Costos de construcción**

Pueden dividirse en:

1. Construcción de todos los departamentos. En el caso de estudio está entre 8.5 y 10 millones de pesos. Se explicará la variación más adelante.
2. Construcción de estacionamientos: En el caso de estudio, el costo fue \$1,549,232.65.
3. Construcción de todos los *Roof Gardens*: En el caso de estudio, el costo fue de \$525,000.00.
4. 7% por Obras Exteriores: porcentaje del costo de construcción de los departamentos, estacionamientos y *roof gardens*.
5. 5% de Imprevistos de construcción: porcentaje de seguridad que se maneja en todas las obras sobre el costo de construcción de departamentos, estacionamientos, *roof gardens* y otras obras exteriores.

En resumen, el costo de construcción de los departamentos es variable, lo cual se explicará con más amplitud en el análisis de los costos de construcción.

## **VII. Comisión por venta de viviendas y gastos indirectos de promoción y publicidad.**

1. Comisión por venta de viviendas. Se paga a los vendedores por departamentos vendidos y en general es del 2% al 4% del valor de venta del departamento. En el caso de estudio fue del 3.45%. El costo de la comisión es variable, ya que el valor de los departamentos cambia en el tiempo.

2. Promoción del desarrollo: para vender un proyecto inmobiliario, en particular departamentos, debe realizarse una labor de promoción. Existen diferentes estrategias de promoción y venta y, en general, la desarrolladora destina una suma para ello que, en el caso de estudio, representó el 1% del valor del proyecto. Puede variar dependiendo del tamaño del proyecto. El costo total fue de \$303,367.05.
3. Publicidad necesaria: representa un porcentaje del valor de éste y, en el caso de estudio fue, del 0.5%, con un costo total de \$151,683.53. Al igual que son la promoción, puede variar dependiendo del tamaño del proyecto.

## **B. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **1. Obtención de costos de construcción**

#### **I. Precio Unitario**

De acuerdo con la Ley de Obras Públicas y Servicios, se considera como precio unitario el importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado, hecho conforme al proyecto, las especificaciones de construcción y las normas de calidad.

El precio unitario es la suma de varios conceptos que en seguida se explicarán. El diagrama que sigue permite observar, de manera más clara, la integración del precio unitario.

$$\text{Precio unitario} = \left\{ \begin{array}{l} \text{i. Costo Directo} \\ \text{ii. Costo indirecto} \\ \text{iii. Costo por Financiamiento} \\ \text{iv. Utilidades} \end{array} \right.$$

#### **i. Costo directo**

El costo directo dentro de la construcción está integrado por:

- Mano de obra
- Maquinaria
- Materiales

## **ii. Costos Indirectos**

Están integrados por:

a) La administración central, a su vez formada por:

- 1) Honorarios, sueldos y prestaciones: se incluyen los honorarios o sueldos de los ejecutivos de la organización, además de los consultores, auditores y todo el personal técnico de apoyo.
- 2) Depreciaciones, mantenimiento y rentas de las instalaciones generales y el equipo.
- 3) Servicios de consultores, asesores, estudios e investigaciones.
- 4) Gastos de oficina referentes a papelería, teléfonos, consumibles de los equipos de cómputo, luz y cualquier otro servicio utilizado por la organización.

b) La administración en obra, integrados por;

- 1) Honorarios, sueldos y prestaciones originadas por el personal directivo, técnico, administrativo y de servicio que participa en la dirección, organización y supervisión de los trabajos en obra.
- 2) Depreciaciones, mantenimiento y renta de las instalaciones auxiliares necesarias para el desarrollo de la obra, así como de los vehículos que operan en ella.
- 3) Servicios: son los estudios e investigaciones relacionadas directamente con la obra, además de los laboratorios, consultores y asesores precisos para el buen desarrollo de los trabajos.
- 4) Seguridad: incluye la señalización dentro de la obra, los botiquines y el equipo de primeros auxilios.

- 5) Trabajos previos, es decir, la construcción y conservación de los caminos de acceso.
- c) Fianzas y seguros: documentos mediante los cuales las empresas constructoras garantizan a sus clientes, a través de un tercero, el cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

De acuerdo con la normatividad establecida en la Ley de Obras Públicas, las fianzas que otorguen los contratistas durante los procesos de licitación, contratación, ejecución y terminación de las obras pueden ser para garantizar:

- 1) La debida aplicación del anticipo establecido en el contrato y es del 100% del importe del anticipo.
  - 2) El cumplimiento de todas y cada una de las cláusulas contenidas en el contrato de obra y se otorga hasta por el 10% del importe.
  - 3) La calidad: se otorga una vez terminados los trabajos para asegurar la reparación de los vicios ocultos que puedan existir y es por el 10% del monto total de la obra ejecutada.
- d) Imprevistos: no todas las eventualidades en la obra se pueden cubrir con seguros, ni se puede hacer un cálculo exacto de las demoras que pueden suceder, ya que en toda obra hay un riesgo inherente. No existe un criterio que ayude a hacer un cálculo al respecto, aunque sí se intenta suponerlos con base en la experiencia del constructor.

### **iii. Costo financiero**

El costo financiero debe estar representado por un porcentaje de la suma costos directos e indirectos y corresponde a los gastos derivados de la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista, para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados, valorado por períodos. Tiene gran importancia pues un error en el cálculo del costo financiero puede tener graves consecuencias en el resultado de la obra, ocasionando pérdidas al contratista.

El procedimiento para el análisis, el cálculo y la integración del costo financiero es fijado por cada organización financiera, aunque la manera más conveniente de

calcularle es mediante el flujo de dinero (caja), por el cual se llevan registros de los egresos e ingresos de la obra en función del tiempo.

Una vez realizado el flujo de dinero, se obtienen las diferencias acumuladas de los egresos e ingresos, dando como resultado diferencias positivas o negativas. De allí que para obtener el costo financiero, esas diferencias se multipliquen por la tasa de interés que represente el costo o el producto financiero del dinero en el momento de efectuar el análisis.

El costo financiero dividido entre la suma del costo directo más el costo indirecto proporciona el porcentaje que, por este concepto, afectará todos y cada uno de los precios unitarios.

#### **iv. Utilidad**

Para determinar la utilidad, las empresas deben considerar el pago de impuestos a que se encuentran sujetas. En México, los impuestos son:

- 1) El ISR (Impuesto Sobre la Renta): grava la utilidad obtenida por realizar una actividad, en un sentido muy amplio es la llamada renta. Por tanto, este impuesto grava los ingresos obtenidos por las personas morales y las personas físicas.
- 2) El IETU (Impuesto Empresarial a Tasa Única): se paga por los ingresos obtenidos por las personas físicas y morales residentes en territorio nacional o en el extranjero con establecimiento permanente en el país. Independientemente del lugar en donde los ingresos se generen, el impuesto se aplicará por:
  - a) Prestación de servicios independientes.
  - b) Enajenación de bienes.
  - c) Goce temporal u otorgamiento de bienes.
- 3) El PTU (Participación de los Trabajadores en las Utilidades de las empresas): un derecho de los trabajadores es participar en las utilidades de la empresa, partiendo del supuesto de que la empresa genera utilidades y por lo tanto es justo que los trabajadores participen de ellas.

La utilidad bruta a considerar en los análisis de precios unitarios es:

$$Utilidad\ bruta - [impuestos\ x\ utilidad\ bruta] = Utilidad\ Neta$$

Si consideramos como impuestos el impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores, obtendremos la siguiente expresión:

$$Utilidad\ Bruta = \frac{Utilidad\ Neta}{1 - (ISR + PTU)}$$

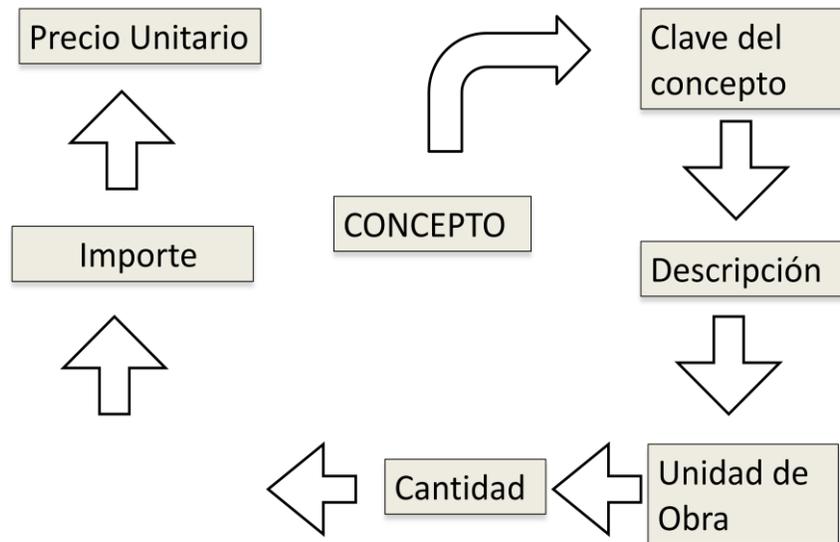
El porcentaje de utilidad se aplica a la suma del costo directo, más los costos indirectos, más el costo del financiamiento.

## II. Presupuesto de obra

El análisis de precios unitarios es una etapa de la integración de un presupuesto, aunque no la única. La formulación de un presupuesto se inicia desde que se cuenta con un proyecto ejecutivo plasmado en un conjunto de planos con las respectivas especificaciones de construcción. Con de esta información, el analista de costos tiene que definir los diferentes tipos de trabajos que habrán de ejecutarse y organizarlos y agruparlos en partidas que tengan cierta afinidad, por ejemplo, en una obra de edificación las partidas podrán ser las siguientes.

- I. Preliminares
- II. Cimentación
- III. Estructura
- IV. Albañilería
- V. Instalación hidráulica
- VI. Instalación Sanitaria
- VII. Instalación eléctrica
- VIII. Cancelería
- IX. Carpintería
- X. Obra exterior.

Cada una de estas partidas se debe detallar en segmentos más pequeños, denominado conceptos de obra, que corresponden a la descripción precisa de cada uno de los trabajos que habrán de ejecutarse en el campo.



Para un mejor entendimiento de estos conceptos, desarrollaremos el presupuesto de obra del proyecto por ejecutarse en la colonia Las Águilas.

Se realizará una edificación con quince departamentos de 96.94 metros cuadrados cada uno. Como ya se mencionó, debemos agrupar los conceptos en las partidas siguientes: preliminares, cimentación, estructura, albañilería, acabados, instalaciones hidrosanitarias y gas, instalación eléctrica, cancelería y herrería, carpintería, azotea, limpieza, elevadores, escaleras y obra exterior.

Aunque una edificación posee un número de conceptos muy extenso, en este presupuesto sólo se abarcarán unos cuantos, debido a que el fin es solo didáctico. Los conceptos de obra que se desarrollan completamente son las partidas preliminares y la albañilería. Para los demás conceptos, sólo se mostrará el total del costo y el porcentaje que representa en el presupuesto total.

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
1	PRELIMINARES					
TRAZO	TRAZO Y NIVELACIÓN DEL PREDIO CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; PUNTOS DE REFERENCIA, TRAZOS, MATERIALES MENORES, EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA, ACARREO DE EQUIPO, LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	1,066.8500	\$8.06	\$8,598.81	0.07%
EXCA	EXCAVACIÓN, CARGA Y ACARREO EN MATERIAL TIPO II DE 0 A 2.0 M POR MEDIOS MECÁNICOS, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, CAMIÓN PARA LOS ACARREOS Y A TIRO LIBRE, LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	1,788.2100	\$135.69	\$242,642.21	2.09%
AFIN	AFINE DE FONDO Y TALUDES DE CAJÓN DE CIMENTACIÓN POR MEDIOS MANUALES, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA, LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M2	993.0000	\$13.07	\$12,978.51	0.11%
PLAN	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLANTILLA DE CONCRETO Pobre F C=150KG/CM2 DE 5CM DE ESPESOR EN BASE DE CIMENTACIÓN, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, COLOCACIÓN, DESPERDICIOS, ACARREOS, LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	809.7900	\$166.18	\$134,570.90	1.16%
DEMO	DEMOLICIÓN DE EDIFICACIÓN CON EQUIPO MECANICO, CARGA Y ACARREO DE MATERIAL, DE TABIQUE, LOSA Y CASTILLOS DE CONCRETO, FIRME Y CIMENTACIÓN, TIRO LIBRE FUERA DE LA OBRA, INCLUYE: EQUIPO Y MANO DE OBRA	M3	140.0000	\$194.75	\$27,265.00	0.24%
PRLLAG-001	RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	M3	242.1800	\$83.26	\$20,163.91	0.17%
	Total PRELIMINARES				\$446,219.34	3.85%
2	CIMENTACIÓN					
	Total CIMENTACIÓN				\$2,679,077.85	23.12%
3	ESTRUCTURA					
	Total ESTRUCTURA				\$2,394,049.56	20.66%
4	ALBAÑILERÍA					

REPELL	REPELLADO EN MUROS DE BAÑO CON BASE DE MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5, CON 2 CM DE ESPESOR EN PROMEDIO EN ÁREA DE BAÑOS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; ANDAMIAJE, MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, ACARREOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	903.3600	86.74	78,357.45	0.68%
IMPER	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACIÓN EN CHAROLAS DE BAÑOS, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, ACARREOS, DESPERDICIOS, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	18.6300	99.19	1,847.91	0.02%
SARDI	SARDINEL CON BASE DE CONCRETO POBRE F C=150KG/CM2, DE 10 X 10 CM, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; CIMBRA, DESCIMBRA, MANO DE OBRA, DESPERDICIOS, ACARREOS, EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR, TRAZO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	ML	36.9000	83.64	3,086.32	0.03%
FIRMEZ	FIRME CON BASE DE MEZCLA DE MORTERO -ARENA 1:5 EN CHAROLAS DE BAÑO PARA DAR PENDIENTES DE PROYECTO, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE; MANO DE OBRA, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y EQUIPO MENOR, ACARREOS, MATERIALES, LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M2	36.2600	139.65	5,063.71	0.04%
BASE-01	CONSTRUCCION DE BASES PARA TINACOS EN AZOTEA, CON DIMENSIONES DE 5.32 x 1.62 , Y ALTURA DE 2.50M. LA LOSA MAS MURO PARA CUBRIR TINACOS DE 1.30 M , CON MUROS DE BLOCK, CASTILLOS COMUNES Y LOSA DE CONCRETO ARMADO, INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	PZA	5.0000	45,220.34	226,101.70	1.95%
	Total ALBAÑILERIA				\$314,457.09	2.71%
5	ACABADOS					
	Total ACABADOS				\$1,508,829.49	13.02%
6	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y GAS					
	Total INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y GAS				\$1,368,302.40	11.81%
7	INSTALACION ELECTRICA					
	Total INSTALACION ELECTRICA				\$533,129.22	4.60%
8	CANCELERIA Y HERRERIA					
	Total CANCELERIA Y HERRERIA				\$468,167.91	4.04%
9	CARPINTERIA					
	Total CARPINTERIA				\$621,253.50	5.36%
A	AZOTEA					

	Total AZOTEA	\$327,048.09	2.82%
<b>B</b>	LIMPIEZA		
	Total LIMPIEZA	\$135,588.87	1.17%
<b>C</b>	ELEVADORES, ESCALERAS Y OBRA EXTERIOR		
	Total ELEVADORES, ESCALERAS Y OBRA EXTERIOR	\$853,827.85	6.84%
	<b>Total del presupuesto</b>	<b>\$11,649,951.17</b>	<b>100%</b>
	<b>PRESUPUESTO A COSTO DIRECTO</b>	<b>\$9,245,992.99</b>	
	<b>PRESUPUESTO SIN COMPRAS MAYORES</b>	<b>\$8,495,223.75</b>	
	<b>PRESUPUESTO CON 18% COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>\$10,024,364.03</b>	

Con el presupuesto obtenido, podemos tener un estimado del costo por m<sup>2</sup> de cada departamento, suponiendo que cada uno tenga una superficie promedio de 96.94 m<sup>2</sup>. Como que son quince departamentos, el total de m<sup>2</sup> es de 1,454.10.

Si se divide el total de la superficie de los departamentos entre la suma total de nuestro presupuesto de obra, obtendremos entonces el costo por m<sup>2</sup>:

$$\text{Costo } m^2 = \frac{10,024,364.02}{1,454.10} = 6,893.87 \$/m^2$$

Ésta será únicamente una base para tomar en cuenta el costo de construcción real.

### III. Inflación en la vivienda

El término "inflación en vivienda" es ambiguo, ya que no menciona si hace referencia a los incrementos en el costo de habitar una vivienda, construirla o a su precio en el mercado.

Para aclarar la confusión anterior, Banxico publica dos Índices de la inflación en vivienda:

1. Índice de Gasto de Vivienda, que forma parte del Índice de Precios al consumidor (INPC) y se refiere al costo de habitar una vivienda alquilada o propia.
2. Índice de Costo de Construcción Residencial (antes INCEVIS), que considera el costo de materiales, mano de obra y renta de maquinaria para la edificación de viviendas.

Una de las variables del modelo matemático al que se desea llegar es el costo de construcción; para esto, debemos obtener un estimado de este costo en el futuro así como tres posibles escenarios por analizar:

- Escenario 1

La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) emite cuatrimestralmente una lista de precios del metro cuadrado de diferentes tipos de vivienda, donde incluye los costos indirectos y una utilidad del 28% para el constructor, pero no considera el impuesto del valor agregado (IVA).

Para este trabajo de investigación se consiguió la lista de precios de abril del 2009, mediante una visita al Ing. Rafael López Torres, gerente de ingeniería de costos. La información de la tabla se utilizará como primer escenario de nuestro modelo:

Abril			
VIVIENDA MULTIFAMILIAR			\$/m <sup>2</sup>
A	Interés Social	m <sup>2</sup>	\$4,354.56
B	Interés Medio	m <sup>2</sup>	\$5,918.72
C	Semilujo	m <sup>2</sup>	\$9,818.88
D	Lujo	m <sup>2</sup>	\$11,672.32

- Escenario 2

El Banco de México (BANXICO) suministra los índices de los costos de construcciones residenciales en la Ciudad de México (antes INCEVIS). Éstos son:

Fecha	Índice	Fecha	Índices
<b>Sep 2005</b>	109.7630	<b>Oct 2007</b>	123.8590
<b>Oct 2005</b>	110.4340	<b>Nov 2007</b>	123.2560
<b>Nov 2005</b>	110.3450	<b>Dic 2007</b>	123.3340
<b>Dic 2005</b>	110.1910	<b>Ene 2008</b>	125.5880
<b>Ene 2006</b>	111.1180	<b>Feb 2008</b>	129.3920
<b>Feb 2006</b>	112.5950	<b>Mar 2008</b>	131.0230
<b>Mar 2006</b>	115.1840	<b>Abr 2008</b>	134.1240
<b>Abr 2006</b>	117.1740	<b>May 2008</b>	137.5840
<b>May 2006</b>	120.2400	<b>Jun 2008</b>	138.6930
<b>Jun 2006</b>	123.1010	<b>Jul 2008</b>	139.7350
<b>Jul 2006</b>	123.0850	<b>Ago 2008</b>	139.9320
<b>Ago 2006</b>	122.8110	<b>Sep 2008</b>	138.4280
<b>Sep 2006</b>	121.9390	<b>Oct 2008</b>	138.5020
<b>Oct 2006</b>	121.5900	<b>Nov 2008</b>	139.2840
<b>Nov 2006</b>	120.2330	<b>Dic 2008</b>	137.3460
<b>Dic 2006</b>	121.2020	<b>Ene 2009</b>	136.6520
<b>Ene 2007</b>	122.0920	<b>Feb 2009</b>	138.1610

<b>Feb 2007</b>	122.6870	<b>Mar 2009</b>	139.2360
<b>Mar 2007</b>	123.1810	<b>Abr 2009</b>	139.2300
<b>Abr 2007</b>	124.0330	<b>May 2009</b>	137.8310
<b>May 2007</b>	123.8000	<b>Jun 2009</b>	136.8490
<b>Jun 2007</b>	123.2760	<b>Jul 2009</b>	136.6300
<b>Jul 2007</b>	123.6400	<b>Ago 2009</b>	136.9500
<b>Ago 2007</b>	123.8270	<b>Sep 2009</b>	137.6640
<b>Sep 2007</b>	124.7100		

Luego, con una relación del índice actual con el índice de años anteriores, y con la variación mensual con respecto al índice actual, se obtienen los resultados siguientes:

<b>Relación con índice actual</b>	<b>Variación mensual con respecto índice actual</b>	<b>Relación con índice actual</b>	<b>Variación mensual con respecto índice actual</b>
1.2542	0.2542	1.1115	0.1115
1.2466	0.2466	1.1169	0.1169
1.2476	0.2476	1.1162	0.1162
1.2493	0.2493	1.0962	0.0962
1.2389	0.2389	1.0639	0.0639
1.2226	0.2226	1.0507	0.0507
1.1952	0.1952	1.0264	0.0264
1.1749	0.1749	1.0006	0.0006
1.1449	0.1449	0.9926	-0.0074
1.1183	0.1183	0.9852	-0.0148
1.1184	0.1184	0.9838	-0.0162
1.1209	0.1209	0.9945	-0.0055
1.1290	0.1290	0.9939	-0.0061
1.1322	0.1322	0.9884	-0.0116
1.1450	0.1450	1.0023	0.0023
1.1358	0.1358	1.0074	0.0074
1.1275	0.1275	0.9964	-0.0036
1.1221	0.1221	0.9887	-0.0113
1.1176	0.1176	0.9888	-0.0112

1.1099	0.1099	0.9988	-0.0012
1.1120	0.1120	1.0060	0.0060
1.1167	0.1167	1.0076	0.0076
1.1134	0.1134	1.0052	0.0052
1.1117	0.1117	1.0000	0.0000
1.1039	0.1039		

---

Posteriormente obtenemos la variación mensual con respecto al índice actual, así mismo lo hacemos para 2, 3, 4, 5 y 6 meses, también realizamos este mismo procedimiento para 1, 2, 3 y 5 años, obteniendo así:

<b>Var.mensual</b>	<b>1 mes</b>	<b>2 meses</b>	<b>3 meses</b>	<b>4 meses</b>	<b>5 meses</b>	<b>6 meses</b>	<b>1 año</b>	<b>2 años</b>	<b>3 años</b>	<b>5 años</b>
<b>-0.0076</b>	-0.0076	0.0086	0.0104	0.0208	0.0370	0.0645	0.1520	0.2228	0.3796	0.4499
<b>0.0010</b>	0.0010	0.0027	0.0132	0.0294	0.0569	0.0772	0.1477	0.2228	0.3725	
<b>0.0017</b>	0.0017	0.0122	0.0284	0.0559	0.0762	0.1062	0.1594	0.2272	0.3771	
<b>-0.0104</b>	-0.0104	0.0267	0.0542	0.0745	0.1044	0.1310	0.1668	0.2262	0.3893	
<b>-0.0163</b>	-0.0163	0.0437	0.0640	0.0940	0.1206	0.1207	0.1647	0.2358	0.3840	
<b>-0.0275</b>	-0.0275	0.0478	0.0777	0.1043	0.1045	0.1070	0.1539	0.2517	0.3787	
<b>-0.0203</b>	-0.0203	0.0503	0.0769	0.0770	0.0795	0.0875	0.1309	0.2375	0.3589	
<b>-0.0300</b>	-0.0300	0.0566	0.0567	0.0592	0.0672	0.0705	0.1183	0.2415	0.3387	
<b>-0.0266</b>	-0.0266	0.0268	0.0292	0.0373	0.0405	0.0533	0.0905	0.2374	0.3188	
<b>0.0001</b>	0.0001	0.0026	0.0107	0.0139	0.0267	0.0358	0.0686	0.2187	0.2993	
<b>0.0025</b>	0.0025	0.0105	0.0138	0.0265	0.0357	0.0440	0.0717	0.2260	0.3008	
<b>0.0080</b>	0.0080	0.0113	0.0240	0.0332	0.0415	0.0469	0.0709	0.2249	0.3006	
<b>0.0032</b>	0.0032	0.0160	0.0252	0.0335	0.0389	0.0434	0.0708	0.2276	0.2978	
<b>0.0128</b>	0.0128	0.0219	0.0302	0.0357	0.0402	0.0479	0.0751	0.2249		
<b>-0.0092</b>	-0.0092	0.0174	0.0229	0.0274	0.0351	0.0372	0.0678	0.2177		
<b>-0.0083</b>	-0.0083	0.0137	0.0182	0.0259	0.0280	0.0327	0.0593	0.2225		
<b>-0.0055</b>	-0.0055	0.0100	0.0176	0.0197	0.0245	0.0277	0.0711	0.2193		
<b>-0.0045</b>	-0.0045	0.0122	0.0143	0.0190	0.0223	0.0240	0.0978	0.2248		
<b>-0.0077</b>	-0.0077	0.0098	0.0145	0.0178	0.0195	0.0273	0.1066	0.2280		
<b>0.0021</b>	0.0021	0.0068	0.0101	0.0118	0.0197	0.0272	0.1232	0.2204		
<b>0.0047</b>	0.0047	0.0080	0.0097	0.0176	0.0252	0.0306	0.1469	0.2283		
<b>-0.0033</b>	-0.0033	0.0050	0.0128	0.0204	0.0259	0.0266	0.1502	0.2307		
<b>-0.0017</b>	-0.0017	0.0096	0.0171	0.0226	0.0233	0.0433	0.1543	0.2291		
<b>-0.0079</b>	-0.0079	0.0155	0.0209	0.0216	0.0416	0.0739	0.1540	0.2297		
<b>0.0076</b>	0.0076	0.0130	0.0137	0.0338	0.0660	0.0792	0.1568	0.2271		
<b>0.0054</b>	0.0054	0.0061	0.0262	0.0584	0.0716	0.0959	0.1498			
<b>-0.0007</b>	-0.0007	0.0207	0.0530	0.0662	0.0905	0.1163	0.1499			
<b>-0.0200</b>	-0.0200	0.0523	0.0655	0.0898	0.1156	0.1236	0.1631			
<b>-0.0322</b>	-0.0322	0.0455	0.0698	0.0956	0.1036	0.1110	0.1482			
<b>-0.0132</b>	-0.0132	0.0375	0.0633	0.0713	0.0788	0.0801	0.1270			
<b>-0.0243</b>	-0.0243	0.0501	0.0581	0.0655	0.0669	0.0776	0.1214			
<b>-0.0258</b>	-0.0258	0.0338	0.0412	0.0426	0.0533	0.0538	0.0972			
<b>-0.0080</b>	-0.0080	0.0154	0.0168	0.0275	0.0280	0.0336	0.0814			
<b>-0.0074</b>	-0.0074	0.0088	0.0195	0.0200	0.0256	0.0395	0.0806			
<b>-0.0014</b>	-0.0014	0.0121	0.0126	0.0182	0.0321	0.0372	0.0748			
<b>0.0107</b>	0.0107	0.0112	0.0168	0.0307	0.0358	0.0468	0.0757			
<b>-0.0005</b>	-0.0005	0.0061	0.0201	0.0251	0.0362	0.0438	0.0703			
<b>-0.0056</b>	-0.0056	0.0195	0.0246	0.0356	0.0433	0.0434				
<b>0.0139</b>	0.0139	0.0190	0.0300	0.0377	0.0378	0.0478				
<b>0.0051</b>	0.0051	0.0161	0.0238	0.0238	0.0339	0.0410				
<b>-0.0110</b>	-0.0110	0.0187	0.0187	0.0288	0.0359	0.0376				
<b>-0.0077</b>	-0.0077	0.0077	0.0178	0.0249	0.0266	0.0289				

<b>0.0000</b>	0.0000	0.0101	0.0172	0.0189	0.0212	0.0264
<b>0.0100</b>	0.0100	0.0172	0.0188	0.0212	0.0264	
<b>0.0072</b>	0.0072	0.0088	0.0111	0.0163		
<b>0.0016</b>	0.0016	0.0040	0.0092			
<b>-0.0024</b>	-0.0024	0.0076				
<b>-0.0052</b>	-0.0052					

A partir de estos resultados se puede obtener un promedio de las variaciones de los meses propuestos.

Variación mensual	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	1 año	2 años	3 años	5 años
Promedio	-0.0062	0.0203	0.0307	0.0410	0.0513	0.0614	0.1154	0.2281	0.3459	0.4499

Con estos nuevos datos, se obtiene el producto de la tabla presentada en el escenario 1, con el promedio obtenido de las variaciones mensuales. El resultado es esta nueva tabla:

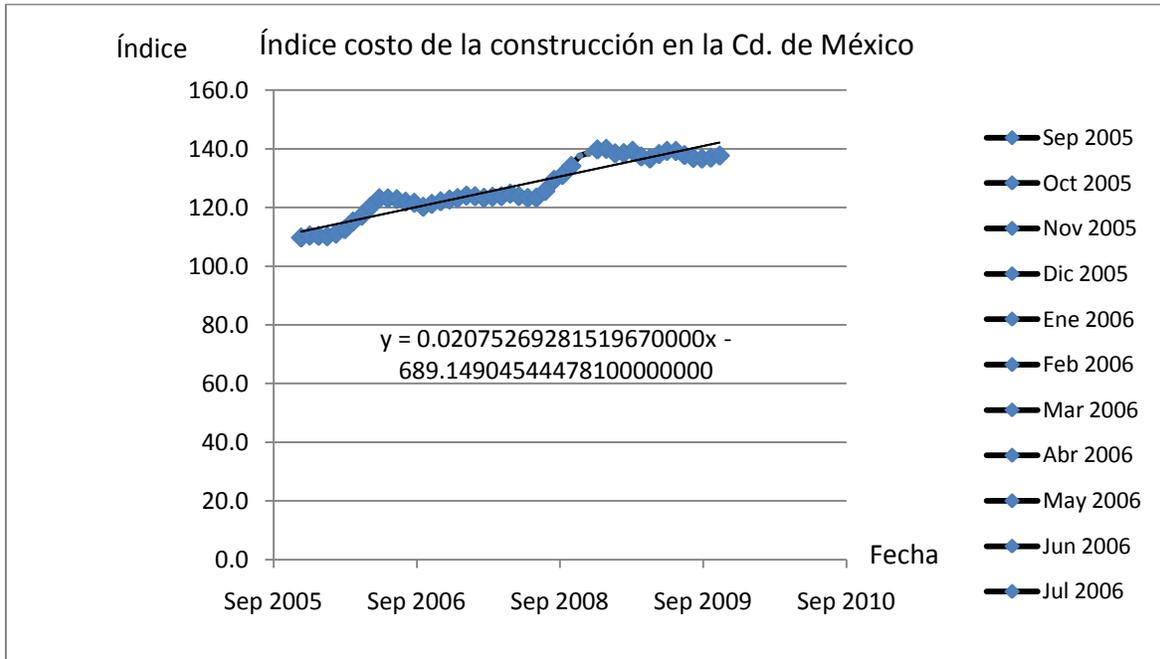
	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses
A	\$4,331.50	\$4,436.73	\$4,479.58	\$4,524.00	\$4,568.70
B	\$5,887.38	\$6,030.41	\$6,088.64	\$6,149.02	\$6,209.77
C	\$9,766.88	\$10,004.17	\$10,100.77	\$10,200.93	\$10,301.72
D	\$11,610.51	\$11,892.59	\$12,007.42	\$12,126.49	\$12,246.31

	6 meses	1 año	2 años	3 años	5 años
A	\$4,612.81	\$4,856.94	\$5,347.81	\$5,860.63	\$6,313.61
B	\$6,269.74	\$6,601.55	\$7,268.74	\$7,965.76	\$8,581.46
C	\$10,401.20	\$10,951.66	\$12,058.50	\$13,214.83	\$14,236.24
D	\$12,364.56	\$13,018.93	\$14,334.70	\$15,709.30	\$16,923.51

- Escenario 3

Para este escenario se realizó una curva utilizando los índices de costos de la construcción residencial de la Ciudad de México (antes INCEVIS) de septiembre del 2005 hasta septiembre del 2009 (Tabla escenario 2).

Si llevamos a una gráfica los resultados obtenidos y agregamos una línea de tendencia “lineal” aparece lo que sigue:



La ecuación general de una recta es:

$$y = mx + b$$

Donde:

m= pendiente

b= ordenada al origen

La ecuación obtenida de la recta es:

$$y = -0.02075269281518820000 x + 689.1490544450$$

El software utilizado para realizar la gráfica y obtener la ecuación es Microsoft Excel. Este software asocia números a fechas, de manera que para poder sustituir los valores de las fechas en la ecuación, debemos asociarles un número. Para eso se hizo la tabla siguiente:

Mes	Año	X(Número asociado a fecha)	Y(Índice de costo de construcción)	Relación con índice sep 09	Diferencia con actual
12	2009	40149	144.0508184	1.04639425	0.046394253

La tabla muestra un valor del índice de la construcción, Por ejemplo, para el mes de diciembre del año 2009, da un índice de la construcción de 144.0508184. Posteriormente, se obtiene su relación con el índice de septiembre y la diferencia con el índice actual, lo que permite construir las tablas siguientes:

MES	10	11	12	1	2	3
AÑO	2009	2009	2009	2010	2010	2010
NÚMERO ASOCIADO FECHA	40088	40118	40149	40179	40209	40240
ÍNDICE COSTO	142.7849	143.4075	144.0508	144.6734	145.2960	145.9393

DIFERENCIA CON ACTUAL	0.0372	0.0417	0.0464	0.0509	0.0554	0.0601
PROMEDIO	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses
A	\$4,516.54	\$4,536.24	\$4,556.59	\$4,576.28	\$4,595.97	\$4,616.32
B	\$6,138.89	\$6,165.66	\$6,193.31	\$6,220.08	\$6,246.85	\$6,274.51
C	\$10,184.13	\$10,228.53	\$10,274.42	\$10,318.83	\$10,363.23	\$10,409.12
D	\$12,106.51	\$12,159.30	\$12,213.85	\$12,266.64	\$12,319.42	\$12,373.97

MES	9	9	9	9
AÑO	2009	2011	2012	2014
NÚMERO ASOCIADO FECHA	40057	40787	41152	41882
ÍNDICE COSTO	142.1416	157.2910	164.8658	180.0152

DIFERENCIA CON ACTUAL	0.0325	0.1426	0.1976	0.3076
PROMEDIO	1 año	2 años	3 años	5 años
A	\$4,496.19	\$4,975.40	\$5,215.00	\$5,694.21
B	\$6,111.23	\$6,762.56	\$7,088.23	\$7,739.57
C	\$10,138.24	\$11,218.78	\$11,759.05	\$12,839.58
D	\$12,051.97	\$13,336.47	\$13,978.72	\$15,263.22

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos a partir de los tres escenarios señalados para periodos de tiempo desde el mes de septiembre del 2009.

	6 meses	1 año	2 años	3 años	5 años	Promedio
Escenario 1	\$5,918.72					\$5,918.72
Escenario 2	\$6,269.74	\$6,601.55	\$7,268.74	\$7,965.76	\$8,581.46	\$7,026.45
Escenario 3	\$6,274.51	\$6,111.23	\$6,762.56	\$7,088.23	\$7,739.57	\$6,559.13

Para el escenario 1, se cuenta con un solo valor, ya que la CMIC publica sus listas cada cuatro meses, y no se uso de mayor información.

En suma, después del análisis de los tres escenarios, se puede concluir:

		Promedio
Escenario 1	Optimista	\$5,918.72
Escenario 2	Pesimista	\$7,026.45
Escenario 3	Medio	\$6,559.13

#### IV. Análisis del Costo de Construcción

Para el costo de construcción, se conocen tres escenarios (uno optimista, “el más probable” y uno pesimista). Los datos de los tres se ajustarán a una función matemática que sea la más apropiada para su análisis. Como únicamente conocemos estos datos, el ajuste se hará a una distribución de probabilidad triangular. Este tipo de distribución se utiliza cuando se conocen tres datos, como en este caso, y tiene las características siguientes:

##### Distribución Triangular

Posee tres parámetros  $\left\{ \begin{array}{l} a \text{ (límite inferior de la variable)} \\ b \text{ (el modo)} \\ c \text{ (límite superior de la variable)} \end{array} \right.$

Densidad

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq b \end{cases}$$

Distribución

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq b \\ 1 & b < x \end{cases}$$

Parámetros  $a \leq c \leq b$

Media  $\frac{a+b+c}{3}$

Varianza  $\frac{a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc}{18}$

Por lo tanto, como tenemos los tres escenarios para el costo de construcción, se le asignan las variables según los parámetros.

Costo de construcción		
optimista (a)	más probable(c)	pesimista(b)
\$5,918.72	\$6,559.13	\$7,026.45

Llegamos así a que la función de densidad y la función de distribución quedan de la siguiente manera:

Densidad

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x - 5918.72)}{(7,026.45 - 5918.72)(6,559.13 - 5918.72)} & 5,918.72 \leq x \leq 6,559.13 \\ \frac{2(7,026.45 - x)}{(7,026.45 - 5918.72)(7,026.45 - 6,559.13)} & 6,559.13 \leq x \leq 7,026.45 \end{cases}$$

Distribución

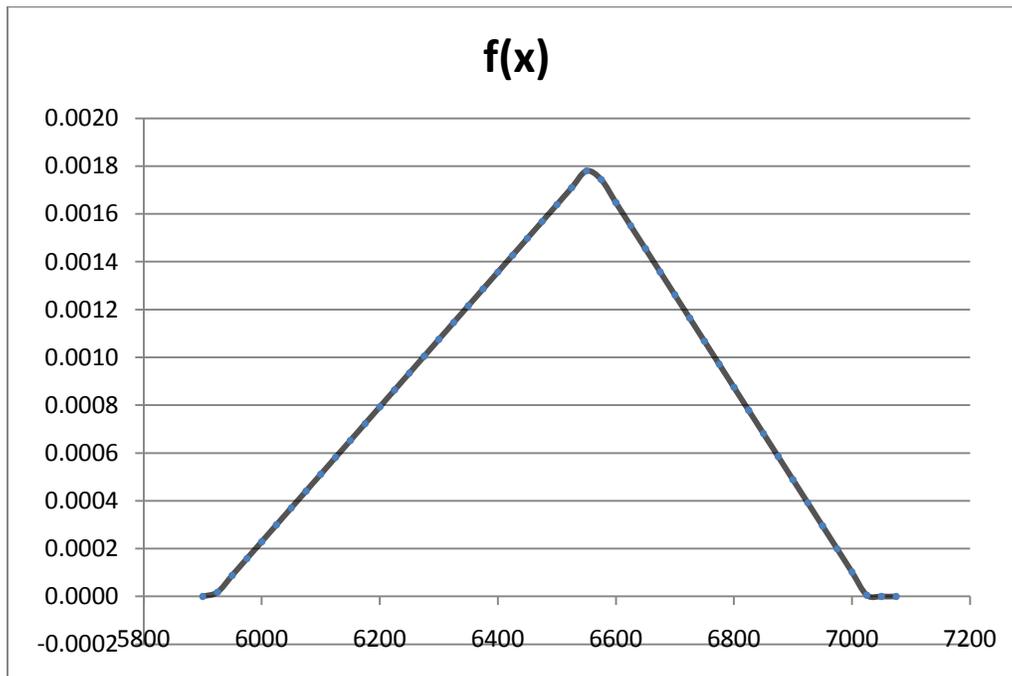
$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < 5,918.72 \\ \frac{(x - 5918.72)^2}{(7,026.45 - 5918.72)(6,559.13 - 5918.72)} & a \leq x \leq 6,559.13 \\ \frac{(7,026.45 - x)^2}{(7,026.45 - 5918.72)(7,026.45 - 6,559.13)} & 6,559.13 \leq x \leq 7,026.45 \\ 1 & 7,026.45 < x \end{cases}$$

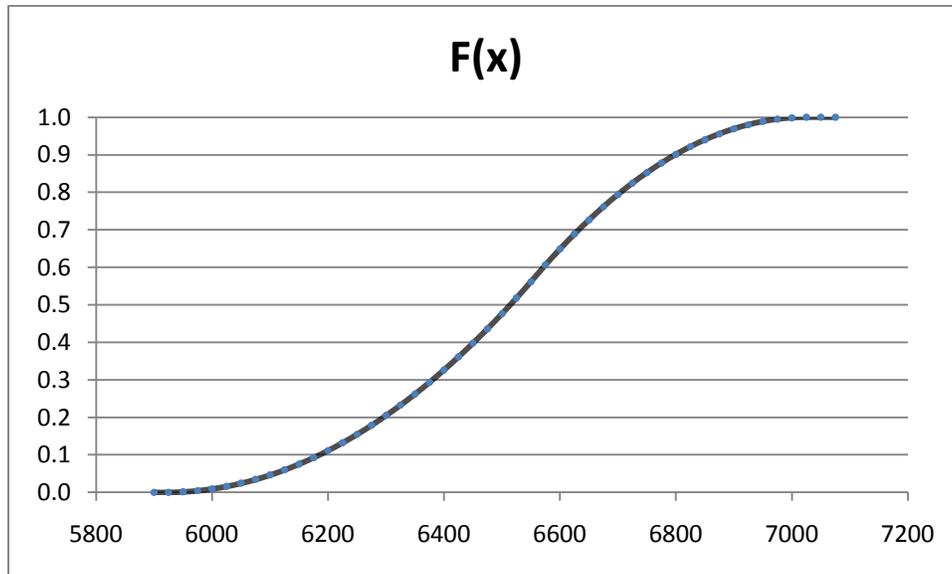
Aplicando estas funciones, se puede tabular con valores dados, desde x= 5900 hasta x= 7050, tomando intervalos de 25 unidades entre ambos límites.

x	f(x)	F(x)
5900	0.0000000000	0.0000000000
5925	0.0000177051	0.0000555939
5950	0.0000881870	0.0013792452
5975	0.0001586690	0.0044649454
6000	0.0002291510	0.0093126947
6025	0.0002996329	0.0159224931
6050	0.0003701149	0.0242943405
6075	0.0004405968	0.0344282369
6100	0.0005110788	0.0463241824
6125	0.0005815608	0.0599821769
6150	0.0006520427	0.0754022204
6175	0.0007225247	0.0925843130
6200	0.0007930066	0.1115284546
6225	0.0008634886	0.1322346452
6250	0.0009339706	0.1547028849
6275	0.0010044525	0.1789331736
6300	0.0010749345	0.2049255114
6325	0.0011454165	0.2326798982
6350	0.0012158984	0.2621963340
6375	0.0012863804	0.2934748189
6400	0.0013568623	0.3265153528
6425	0.0014273443	0.3613179358
6450	0.0014978263	0.3978825678
6475	0.0015683082	0.4362092488
6500	0.0016387902	0.4762979789
6525	0.0017092721	0.5181487580
6550	0.0017797541	0.5617615861
6575	0.0017441803	0.6062949105
6600	0.0016475926	0.6486920710
6625	0.0015510049	0.6886745397
6650	0.0014544172	0.7262423165
6675	0.0013578296	0.7613954013

6700	0.0012612419	0.7941337943
6725	0.0011646542	0.8244574953
6750	0.0010680665	0.8523665044
6775	0.0009714788	0.8778608216
6800	0.0008748912	0.9009404469
6825	0.0007783035	0.9216053803
6850	0.0006817158	0.9398556217
6875	0.0005851281	0.9556911713
6900	0.0004885405	0.9691120289
6925	0.0003919528	0.9801181947
6950	0.0002953651	0.9887096685
6975	0.0001987774	0.9948864504
7000	0.0001021898	0.9986485404
7025	0.0000056021	0.9999959385
7050	0.0000000000	1.0000000000

Una vez hecho esto, se hacen gráficas para cada una de las funciones (densidad y acumulada).





Podemos observar en la gráfica el comportamiento de la función de distribución triangular, de la función de densidad ( $f(x)$ ) y de la acumulada ( $F(x)$ ).

Se utilizará el método Monte Carlo para generar costos de construcción aleatorios para el modelo de la siguiente manera:

En el programa Excel se utiliza la función ALEATORIO () para generar números aleatorios que comprendan entre el 0 y el 1. Por ejemplo: 0.15, 0.48, 1, 0.17, 0.36, etc. Estos números irán cambiando cada vez que se haga un cambio en la tabla, se presione F9 o la tecla ENTER. De esta manera, podremos obtener una serie de números, cambiantes en la misma tabla.

Los números aleatorios se referirán a la distribución acumulada de la siguiente manera. Por ejemplo, si el número aleatorio es 0.17, se busca en la tabla de la función acumulada en qué parámetro se encuentra y se refiere al inmediato inferior, que en ese caso será 6250, como se muestra a continuación.

x	F(x)
6250	0.1547028849
6275	0.1789331736

De esta manera, podremos generar números aleatorios y referirlos a la tabla. A continuación se muestra un ejemplo:

ALEATORIOS	COSTO CONSTRUCCIÓN
0.381239907	6375
0.027244468	6050
0.947897181	6875
0.911328883	6825
0.49700465	6450
0.560504067	6475
0.499073148	6450
0.39229085	6375
0.637153567	6500
0.012792573	6025
0.611878503	6500
0.606741468	6500
0.173846155	6225
0.233142238	6275
0.669428559	6525

## C. PROGRAMA DE OBRA

El programa de obra permite conocer el avance que la obra debería tener y de las actividades organizadas en los tiempos debidos para la realización del proyecto. Se definen distintas partidas y el porcentaje que cada uno ocupa en el total:

Partida	Porcentaje del costo total de obra
1. Demoliciones	2.5%
2. Estructura	36.0%
3. Albañilería	15.5%
4. Acabados	11.5%
5. Instalaciones Hidrosanitarias y Gas	5.0%
6. Instalación Eléctrica	4.0%
7. Cancelería y Herrería	4.5%
8. Carpintería	8.0%
9. Azotea	2.5%
10. Limpiezas	2.5%
11. Escaleras y Barandales	4.0%
12. Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos	4.0%

Se asignan después porcentajes de avance mensual a cada una de las actividades. Se busca que la obra se termine en un año, aunque a los conceptos de Limpieza, Escalera y Barandales e Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos se les asigna una duración de cuatro meses más. Se supone que el 40% de la Demolición así como el 5% de la Estructura y 4% de Imprevistos se iniciaron en el mes de diciembre de 2009, primer mes de la obra.

La tabla se muestra a continuación:

### PROGRAMA POR PORCENTAJE DE AVANCE

<b>PARTIDA</b>	<b>TOTALES</b>	<b>dic-09</b>	<b>ene-10</b>	<b>feb-10</b>	<b>mar-10</b>	<b>abr-10</b>	<b>may-10</b>	<b>jun-10</b>	<b>jul-10</b>
Demoliciones	100%	40%	40%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
Estructura	95%	5%	10%	15%	15%	15%	15%	10%	10%
Albañilería	60%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%
Acabados	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	15%
Instalaciones Hidrosanitarias y Gas	40%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	15%	15%
Instalación Eléctrica	40%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	15%	15%
Cancelería y Herrería	40%	0%	0%	0%	20%	10%	10%	0%	0%
Carpintería	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Azotea	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Limpiezas	31%	0%	0%	5%	5%	5%	5%	5%	6%
Escaleras y Barandales	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos	33%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	5%

<b>PARTIDA</b>	<b>ago-10</b>	<b>sep-10</b>	<b>oct-10</b>	<b>nov-10</b>	<b>dic-10</b>	<b>ene-11</b>	<b>feb-11</b>	<b>mar-11</b>	<b>abr-11</b>
Demoliciones	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Estructura	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Albañilería	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Acabados	20%	20%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
Instalaciones Hidrosanitarias y Gas	15%	15%	15%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
Instalación Eléctrica	15%	15%	15%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
Cancelería y Herrería	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%
Carpintería	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	0%	0%
Azotea	0%	0%	0%	20%	40%	40%	0%	0%	0%
Limpiezas	6%	7%	8%	8%	9%	12%	12%	7%	0%
Escaleras y Barandales	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	0%	0%
Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos	5%	5%	5%	6%	6%	8%	8%	12%	12%

Una vez hecho esto se puede obtener el costo total de construcción de la obra de la siguiente manera:

$$CTC = (CD + CE + CRG) * FOE * FI$$

CTC= Costo total de construcción

CD= Costo de construcción de los departamentos

CE= Costo de construcción de los estacionamientos

CR= Costo de construcción de los Roof Gardens

FOE= Factor de obras exteriores

FI= Factor de imprevistos

Para obtener el Costo de construcción de los departamentos (CD) se calcula de la siguiente manera:

CD = (Costo por metro cuadrado de departamento)\*(Metros cuadrados totales de departamentos)

Como se explicó con anterioridad, los costos unitarios de construcción de los departamentos se generaron aleatoriamente, según una función de distribución triangular. Por lo tanto, en un escenario ejemplo, se obtiene un costo aleatorio de construcción.

Esa cifra aleatoria es de 0.34. En la tabla de la función acumulada se busca en qué rango se encuentra y se refiere al inmediato inferior por simplicidad, que en este caso es 6,400, como se muestra a continuación.

X	F(x)
6,400	0.3265153528
6,425	0.3613179358

Por lo tanto para obtener el CD utilizamos la forma vista anteriormente:

$$CD = (\$6,400) * (1,454.10 m^2) = \$9,306,240.00$$

Tomando en cuenta los valores de:

CE (Costo de construcción de estacionamientos) = \$1,549,232.65

CRG (Costo de construcción de Roof Gardens) = \$525,000.00

FOE (Factor de obras exteriores) = 1.028 (2.8% Obras exteriores)

FI (Factor de imprevistos) = 1.03 (3% imprevistos)

Utilizamos la fórmula:

CTC = (CD + CE + CRG) \* FOE \* FI

CTC = (\$9,306,240.00 + \$1,549,232.65 + \$525,000.00) \* 1.028 \* 1.03 = \$12,050,302.96

De tal manera, el costo total de construcción de los departamentos es de \$12,050,302.96

Ya con estos datos se pueden establecer los flujos de caja de salida de los costos de construcción totales.

Estos flujos para cada partida se logran la siguiente manera:

Se multiplica (el producto del costo de construcción total) por (el porcentaje que constituye la partida del costo total de obra) por (el porcentaje de avance mensual):

Costo partida al mes= CTC\*(Costo partida/CTC)\*(% avance mensual)

Ejemplo:

Para el mes de mayo de 2010 se hace el 20% de la Albañilería. Ésta constituye el 15.5% del costo total de la obra, que en este escenario es de \$9,306,240.00. Entonces se realiza la operación explicada en el párrafo anterior, de la siguiente manera:

*Albañilería en mayo de 2010 = (0.20)(0.155)(\$12,050,302.96) = \$373,559.39*

Entonces, en el espacio de la tabla de Albañilería para el mes de mayo de 2010, se coloca este resultado: \$373,559.39.

Para este mismo escenario, en que el costo unitario de construcción de los departamentos es \$6,400.00, se muestra la tabla completa:

## PROGRAMA ECONÓMICO DE CONSTRUCCIÓN

PARTIDA	TOTALES	dic-09	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10
Demoliciones	\$301,258	\$120,503	\$120,503	\$60,252	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Estructura	\$4,338,109	\$216,905	\$433,811	\$650,716	\$650,716	\$650,716	\$650,716	\$433,811	\$433,811
Albañilería	\$1,867,797	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$373,559	\$373,559	\$373,559
Acabados	\$1,385,785	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$138,578	\$207,868
Instalaciones Hidrosanitarias y Gas	\$602,515	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$60,252	\$90,377	\$90,377
Instalación Eléctrica	\$482,012	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$48,201	\$72,302	\$72,302
Cancelería y Herrería	\$542,264	\$0	\$0	\$0	\$108,453	\$54,226	\$54,226	\$0	\$0
Carpintería	\$964,024	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Azotea	\$301,258	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Limpiezas	\$301,258	\$0	\$0	\$15,063	\$15,063	\$15,063	\$15,063	\$15,063	\$18,075
Escaleras y Barandales	\$482,012	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos	\$482,012	\$19,280	\$19,280	\$19,280	\$19,280	\$19,280	\$19,280	\$19,280	\$24,101
<b>TOTAL</b>	<b>\$12,050,302.96</b>								
FLUJO COSTO CONSTRUCCIÓN		\$356,689	\$573,594	\$745,311	\$793,512	\$739,286	\$1,221,298	\$1,142,971	\$1,220,093

PARTIDA	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Demoliciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Estructura	\$216,905	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Albañilería	\$373,559	\$373,559	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Acabados	\$277,157	\$277,157	\$277,157	\$207,868	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Instalaciones Hidrosanitarias y Gas	\$90,377	\$90,377	\$90,377	\$90,377	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Instalación Eléctrica	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cancelería y Herrería	\$54,226	\$54,226	\$54,226	\$54,226	\$54,226	\$54,226	\$0	\$0	\$0
Carpintería	\$96,402	\$144,604	\$144,604	\$144,604	\$144,604	\$144,604	\$144,604	\$0	\$0
Azotea	\$0	\$0	\$0	\$60,252	\$120,503	\$120,503	\$0	\$0	\$0
Limpiezas	\$18,075	\$21,088	\$24,101	\$24,101	\$27,113	\$36,151	\$36,151	\$21,088	\$0
Escaleras y Barandales	\$48,201	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$72,302	\$0	\$0
Imprevistos, Extras y Vicios Ocultos	\$24,101	\$24,101	\$24,101	\$28,921	\$28,921	\$38,561	\$38,561	\$57,841	\$57,841

FLUJO COSTO CONSTRUCCIÓN	\$1,271,307	\$1,129,716	\$759,169	\$754,951	\$447,669	\$466,347	\$291,617	\$78,929	\$57,841
--------------------------	-------------	-------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Este escenario puede ir cambiando conforme cambia el costo unitario de construcción de los departamentos. La variable representa un porcentaje importante de los costos totales.