

## **Método “investigación – acción” aplicado al desarrollo de software de presupuestos y programación de obras**

### **"Research - action" method applied to software development of budgets and works programming**

Wilson E. Jaramillo S.

*Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador*

Luis R. Jácome G.

*Escuela de Arquitectura CipArq Loja, Ecuador*

Autor para correspondencia: [wjaramillosa@internacional.edu.ec](mailto:wjaramillosa@internacional.edu.ec)

Fecha de recepción: 08 de Julio 2017 - Fecha de aceptación: 15 de Enero de 2018

**Resumen:** En el Ecuador la legislación vigente exige que previo a la inversión de fondos públicos en obras de infraestructura, es requisito indispensable la existencia de un proyecto que contemple en su ciclo de vida las fases de pre inversión e inversión, es decir, estudios y ejecución. Un punto en común que tienen las dos fases mencionadas es el presupuesto y la programación de la obra, y dada la necesidad de una herramienta informática que fortalezca y apoye en la elaboración de esta tarea, el objetivo de investigación fue desarrollar en base a la normativa legal vigente un sistema informático de fácil utilización que fortalezca a los profesionales del diseño y construcción de obras civiles en la elaboración de presupuestos y programación. El método de investigación empleado consideró un enfoque de investigación cualitativo y un diseño de investigación denominado según Hernández (2010) como investigación –acción, cuyo modelo consiste en un conjunto de decisiones en espiral, las cuales se basan en ciclos repetidos de análisis para conceptualizar y redefinir el problema una y otra vez, integrando el trabajo con las siguientes fases secuenciales de acción: planificación, identificación de hechos, análisis, implementación (Desarrollo de software e inmersión en el campo) y evaluación. Como resultado del trabajo se obtuvo un sistema informático adaptado a los gustos y requerimientos de ingenieros, arquitectos y otros profesionales dedicados al diseño y construcción de obras civiles, al cual se lo denominó “Obras”, evidenciándose la efectividad del método denominado investigación–acción para mejorar prácticas concretas, como en este caso particular, en la elaboración de presupuestos y programación de obras civiles.

**Palabras claves:** Presupuestos, programación de obras, construcción, diseño, investigación - acción.

**Abstract:** In the Ecuador legislation requires that prior to the investment of public funds in infrastructure, is required the existence of a project which envisages in its life cycle phases of pre investment and investment, i.e., studies, and execution. A point have two phases mentioned in common is the budget and the schedule of work, and the necessity of a computer tool to strengthen and support in the elaboration of this task, the objective of research was to develop a computer easy to use to strengthen system professionals in the design and construction of civil works in the preparation of budgets and programming based on current legislation. The research method used

was considered a qualitative research approach and a research design called according to Hernandez (2010) as research - action, whose model consists of a set of decisions in spiral, which are based on repeated cycles of analysis to conceptualize and redefine the problem over and over again, integrating the work with the following sequential phases of action : planning, identification of facts, analysis, deployment (software development and immersion in the field) and evaluation. As a result of the work was obtained a computer system adapted to the tastes and requirements of engineers, architects and other professionals dedicated to the design and construction of civil works, which was so called "Works", demonstrating the effectiveness of action research method to improve concrete practices, as in this case particularly in budgeting and programming of civil works.

**Keywords:** Budgets, Programming works, building, design, research-action.

### Introducción

Según artículo publicado por la Agencia de Noticias ANDES (2013, p.1), se estima que la inversión realizada por el Estado ecuatoriano en obras de infraestructura, a través de sus distintos niveles de gobierno (ministerios, municipios, prefecturas) en el año 2014 superó los cinco mil millones de dólares, monto que dinamizó la economía del país, generando fuentes de empleo.

Para el correcto uso de estos fondos públicos los funcionarios del estado y constructores contratistas, tuvieron que acogerse a los lineamientos definidos en las “Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos”, las cuales están vigentes a través de su expedición en el acuerdo Nro. 039-CG de la Contraloría General del Estado, publicado el 14 de diciembre del 2009 en el Registro Oficial Nro. 87 de la República del Ecuador.

En el numeral 406-03, literal a), inciso primero, la norma antes mencionada dispone que para la contratación de obras, las entidades deben sujetarse a distintos procedimientos de selección de conformidad a la naturaleza y cuantía de la contratación, a los términos y condiciones establecidas en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, su reglamento general y las resoluciones del Servicio Nacional de Contratación Pública, SERCOP, respecto de cada procedimiento de contratación, siendo así que para viabilizar la construcción de obras de infraestructura con fondos públicos, previamente se requiere la existencia de un proyecto cuyo ciclo de vida este contemplado en dos fases principales: pre inversión e inversión, es decir, estudios y ejecución (039-CG, 2009, p. 26).

En la primera fase se diseña la obra (urbanizaciones de interés social, escuelas, hospitales, carreteras, puentes, puertos, aeropuertos, canales de riego, sistemas de agua potable y alcantarillado, parques, etc...), calculando el presupuesto, planificando y programando su ejecución, y en la segunda se ejecuta ya sea por contrato o por administración directa.

Un punto común que tienen las dos fases mencionadas es el presupuesto de la obra, ya que en la primera es elaborado por los técnicos que diseñaron el proyecto con el objetivo de conocer y gestionar los recursos necesarios para la ejecución, y en la segunda es elaborado como oferta presentada por las empresas constructoras. El presupuesto detallado de la obra es un cálculo de su costo, a partir de los componentes del precio de cada uno de los rubros o de las unidades de

obra que conforman el proceso de construcción. El precio de cada unidad de obra está compuesto por:

Costos directos.- son los gastos efectuados para realizar esa unidad de obra y que se los puede imputar a un rubro determinado y sólo existen si la unidad de obra se ejecuta, estos son: materiales, mano de obra, equipo y transporte (039-CG, 2009, p. 35).

Costos indirectos.- son los gastos generales en que incurre el contratista, tanto en sus oficinas como en el sitio de la obra, no atribuibles a una tarea en particular, pero necesarios para efectuar los trabajos en general, por su naturaleza no se los puede imputar directamente a un rubro determinado y deben prorratearse. Dentro de éstos se tiene: salarios y prestaciones legales del personal directivo, técnico y administrativo de la empresa, depreciación, mantenimiento, alquileres y seguros de edificios, bodegas, predios, etc.; alquiler u operación y depreciación de vehículos o equipos de apoyo, de laboratorio, de topografía, de oficina, gastos de oficina, garantías y financiamiento; trabajos previos y auxiliares como la construcción y mantenimiento de caminos de acceso, instalación y desmantelamiento de equipos y limpieza final de la obra (039-CG, 2009, p. 35).

Una vez elaborado el presupuesto, el numeral 408-12 de la norma en mención dispone preparar un programa de avance físico de la obra, desglosándola en las actividades por realizar e indicando su respectiva duración y requerimiento de insumos: materiales, mano de obra, herramientas, maquinaria y equipos. Para ello se deberá tomar en cuenta las características ambientales, climáticas y geográficas de la zona donde va a realizarse. Para definir el plazo de ejecución se deberá emplear un método de programación por redes de actividades, que señale la ruta crítica y sirva como base para elaborar un diagrama de barras y diagrama de Gantt, en el cual se indiquen la duración, los tiempos tempranos y tardíos (de inicio y término) y las holguras de cada actividad (039-CG, 2009, p. 36).

Para elaborar el presupuesto y la programación de una obra es común por parte de los profesionales la utilización de las hojas de cálculo como el Excel, que permiten manipular datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tablas compuestas, sin embargo su uso se vuelve complejo al generar reportes que se basan en el presupuesto de la obra, como el cronograma de uso de materiales, mano de obra y equipo, fórmula de reajuste de precios, estudio de desagregación tecnológica y ruta crítica, siendo visible la necesidad de crear un software informático de presupuestos y programación de obras que supere a la hoja de cálculo y se adapte a las “Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos”, optimice tiempo de trabajo, sea versátil, preciso y de fácil utilización. Un software de estas características permitirá tecnificar y mejorar la labor de los técnicos que trabajan en la fase de pre inversión y ejecución de los proyectos.

En base a lo expuesto se plantea las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Se puede elaborar un sistema informático que permita a los profesionales dedicados a la planificación y ejecución de obras elaborar el presupuesto y la programación cumpliendo con las disposiciones de las Normas de Control Interno para

las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos?

- ¿Se puede crear un sistema informático que se adapte a los gustos y requerimientos de los ingenieros o arquitectos dedicados al diseño y construcción de obras civiles?

Las hipótesis de investigación son:

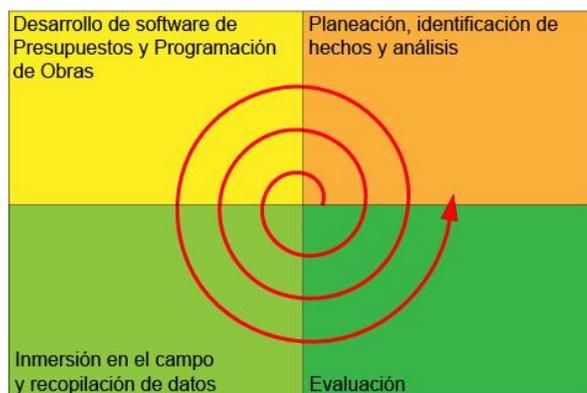
- El desarrollo de un sistema informático permite a los profesionales dedicados a la planificación y ejecución de obras elaborar el presupuesto y la programación de la obra cumpliendo con las disposiciones de las Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos.
- El sistema informático desarrollado se adapta a los gustos y requerimientos de los ingenieros y arquitectos dedicados al diseño y construcción de obras civiles.

### **Materiales y Métodos**

Para realizar la investigación se determinó como ambiente de trabajo la Cámara de la Industria de la Construcción CAMICON (antes llamada Cámara de la Construcción de Quito) a través de su Centro de Estudio y Desarrollo de la Construcción CEDECON. La CAMICON es una organización gremial de cobertura nacional que promueve el desarrollo socioeconómico del país y el bienestar de la población a través del impulso a la construcción de infraestructura y vivienda de calidad, fomenta los principios éticos y de transparencia, la institucionalidad, la defensa y superación técnica de sus miembros y el cuidado del medio ambiente, conjugando el aporte de los socios con el bien común.

Está domiciliada en la ciudad de Quito, posee un edificio ubicado en las calles Juan Pablo Sanz e Ñaquito, donde funciona el CEDECON con cinco aulas equipadas con computadoras para procesos de enseñanza aprendizaje, con una capacidad promedio de 25 estudiantes por aula, además posee un área administrativa y cafetería.

Con el propósito de responder a las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos del estudio, se desarrolla el software de presupuestos y programación de obras, empleando un enfoque de investigación cualitativo y un diseño de investigación denominado según Hernández (2010, p. 509) como investigación –acción, el cual considera una visión técnico científica, cuyo modelo consiste en un conjunto de decisiones en espiral, las cuales se basan en ciclos repetidos de análisis para conceptualizar y redefinir el problema una y otra vez, integrando el trabajo con las siguientes fases secuenciales de acción: planificación, identificación de hechos, análisis, implementación (Desarrollo de software e inmersión en el campo) y evaluación. Ver figura 1.



**Figura 1.** Método espiral de Investigación - Acción

En la primera fase de planificación se eligió el Visual Basic como lenguaje de programación y se recopiló la siguiente información relacionada a la elaboración de presupuestos y programación de obras:

- Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos.
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública y su reglamento de aplicación.
- Normativa del Servicio Nacional de Contratación Pública SERCOP, Resoluciones, modelo de pliegos para contratación de obras de Menor cuantía, cotización y licitación.
- Hoja de cálculo de análisis de precios unitarios y presupuestos APU Excel. (Carlos Espinoza, 2013, p. 1).
- Índices de reajuste de precios, Costo de materiales, mano de obra y equipo publicado por CAMICON.

Con la información recabada se elaboraron diagramas de flujo y algoritmos informáticos que dieron como resultado una primera versión del software de presupuestos y programación de obras. Con esta primera versión se solicitó una cita en la CAMICON, con la finalidad de realizar una demostración del funcionamiento del sistema informático al equipo técnico de la institución y al director del CEDECON, los cuales luego de los análisis y revisiones pertinentes dieron el visto bueno para que el software se ponga a conocimiento de profesionales vinculados a la Cámara, para esto se organizó una serie de sesiones de capacitación de Presupuestos de Obras los días sábados en horario de 09h00 a 18h00, los mismos que fueron convocados a nivel nacional por el CEDECON, quien facilitó una de sus aulas.

Se planificó el contenido de los cursos procurando que la persona capacitada relacione los conceptos de presupuestos y programación de obras con el uso del sistema informático, siendo el autor de la presente investigación el profesor, asistido por un Ingeniero en informática especializado en programación Visual Basic quien participó como coautor del presente trabajo.

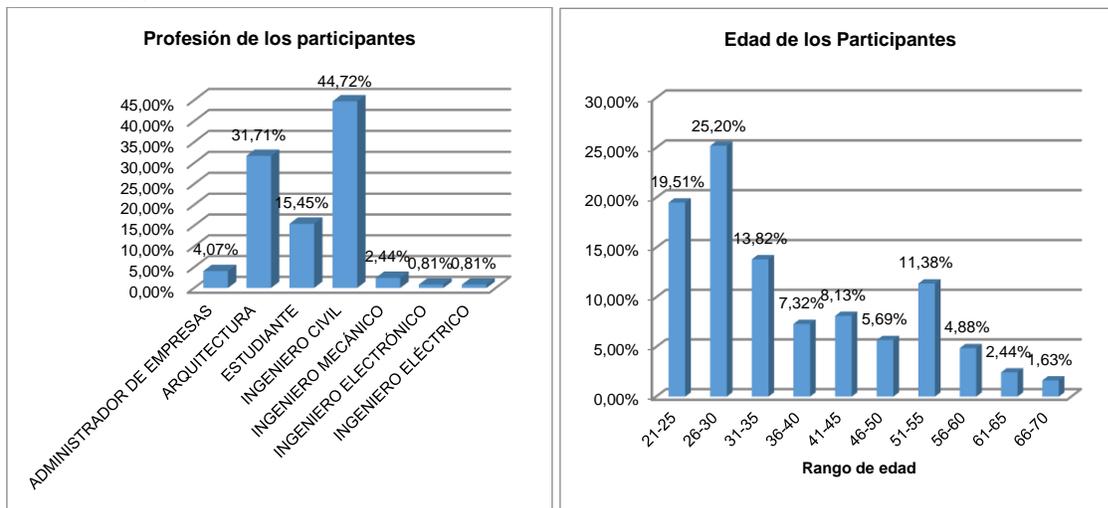
En cada sesión se recopiló información de los participantes relacionada a: facilidad de uso del sistema informático, satisfacción de los resultados alcanzados al elaborar presupuestos, cronograma valorado de actividades, fórmula de reajuste de precios y estudios de desagregación tecnológica.

El resultado del análisis de la información recabada permitió evaluar el funcionamiento del sistema informático y a la vez implementar las mejoras pertinentes en una nueva etapa de planificación, generando una nueva versión del software, para en lo posterior ponerlo a conocimiento y evaluación de los participantes de la siguiente sesión, conduciendo el proceso de retroalimentación a un nuevo diagnóstico y a una nueva espiral de reflexión y acción.

Todos los participantes de las diversas sesiones pudieron y pueden acceder a las mejoras y actualizaciones permanentes del sistema informático a través de la página web [www.innovacion.com.ec](http://www.innovacion.com.ec).

## Resultados

En un total de 10 sesiones se presentaron 123 personas de distinta profesión vinculadas a la construcción de obras, en su mayoría Ingenieros Civiles (44.72%) y Arquitectos (31.71%). El 78% de los participantes dedicado a la actividad privada y un 22% laboraba en entidades públicas o del Estado. En lo que respecta al género la mayoría fue de sexo masculino en un 78.86%. Con respecto al sitio de residencia el 75% residía en la región sierra, el 20% en la costa, 4% en el oriente y 1% en la región Insular del Ecuador. La edad de los participantes varío desde los 21 a los 67 años de edad.



**Figura 2.** Profesión y edad de los participantes de las sesiones de capacitación.

Durante todo el proceso investigativo a través de recopilación de información bibliográfica, expresión verbal de los participantes y observando el comportamiento de cada uno de ellos, se obtuvo información relacionada al funcionamiento y utilidad del sistema informático, información que se recopiló en una bitácora de campo, lo que permitió en lo posterior revisar el material y organizarlo, emergiendo varias unidades de análisis, que posteriormente se agruparon en categorías por el método de comparación constante. De igual manera al comparar las categorías se las agrupó por temas, obteniendo un patrón de resultado como se muestra en la tabla 1.



Figura 3. Imagen de uno de los 33 ambientes de trabajo del software desarrollado.

Tabla 1. Estructuración Y Análisis De Información De Campo

PATRÓN	TEMA	CATEGORÍA DE UNIDADES DE ANÁLISIS
Sistema informático de presupuestos y programación de obras civiles acorde al marco legal de la República del Ecuador	Hardware y Software	Ingreso de información
		Procesamiento de la información
		Salida de información
		Ayudas
	Teoría y marco legal sobre presupuestos y programación de obras	Manual de uso
		Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública
		Modelo de pliegos para ejecución de obras SERCOP
		Resoluciones SERCOP
		Normas de control interno de la Contraloría General del Ecuador
		Elaboración de presupuestos
Elaboración de presupuestos	Análisis de precios unitarios	
	Costo directo	
	Costo indirecto	
	Especificaciones técnicas	
	Planos	

Elaboración de la programación de obra	Cronograma valorado de actividades
	Diagrama de Gantt
	Ruta crítica
Elaboración de la fórmula de reajuste de precios	Índices de reajuste INEC principales
	Índices de reajuste INEC no principales
Elaboración del estudio de desagregación tecnológica	Código Central de Productos CPC
	Valor Agregado Ecuatoriano VAE

**Elaborado por:** Autor de la investigación

Como resultado se logró desarrollar un sistema informático al cual se lo denominó “Obras”, adaptado a los gustos y requerimientos de ingenieros, arquitectos y otros profesionales dedicados al diseño y construcción de obras civiles, que permite elaborar de manera ágil y precisa el Presupuesto y la Programación de una obra, además elaborar la Fórmula de Reajuste de Precios y Estudios de Desagregación Tecnológica de conformidad a la Ley del Sistema Nacional de Contratación Pública, resoluciones emitidas por el SERCOP y las Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos.

### Discusión

El presupuesto y la programación de una obra es una actividad imprescindible que se la puede considerar como un eslabón entre la planificación en papel y la ejecución práctica, por tal razón, contar en este campo con un sistema informático aceptado por los profesionales de la construcción y que contemple en su desarrollo las normativas técnicas y legales vigentes en la República del Ecuador, es contar con una herramienta de trabajo que garantiza seguridad y precisión en los cálculos, optimiza tiempo y ayuda en la administración y control de los recursos utilizados en la ejecución de una obra.

Los resultados del trabajo resaltan la efectividad del método denominado investigación–acción expuesto en la literatura de Hernández (2010), el cual se aplica para mejorar prácticas concretas, como en este caso particular, en la elaboración de presupuestos y programación de obras. El método puede ser replicado para desarrollar nuevos sistemas informáticos o mejorar las prácticas o procesos institucionales como por ejemplo el de una empresa de vivienda, operadoras de transporte, entre otros.

### Conclusiones

Se cumple afirmativamente las hipótesis, ya que el método de investigación empleado permitió el desarrollo de un sistema informático cuya aplicación es la elaboración de presupuestos y programación de obras, adaptado a los gustos y requerimientos de los ingenieros y arquitectos dedicados al diseño y construcción de obras civiles en el Ecuador.

El software Obras fundamenta su desarrollo en las Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos, divulgadas en el acuerdo Nro. 039-CG de la Contraloría General

del Estado y en el Registro Oficial Nro. 87 de la República del Ecuador el 14 de diciembre del 2009.

### **Reconocimiento**

Mi agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador extensión Loja, en especial a la Arq. Tatiana Trokhimtchouk Directora del CipArq-Loja, por la motivación y las facilidades brindadas para elaborar el presente trabajo de investigación, por el tiempo invertido y los comentarios generados con respecto al tema, así mismo a funcionarios del CEDECON de la Cámara de la Industria de la Construcción del Ecuador CAMICON.

### **Bibliografía**

- Hernández, R. (2010). Metodología de la Investigación. MacGRAW Hill, Quinta edición México. 613 pág.
- 039-CG (2009). Registro Oficial Nro. 87 de la República del Ecuador (14 de diciembre del 2009). Normas de Control Interno para las Entidades, Organismo del Sector Público y Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos. Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador (2013). Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador (2013). Última Reforma del Reglamento General de aplicación de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Ecuador.
- SERCOP (2014). Modelos de pliegos para contratación de obras a través de licitación. Ecuador.
- SERCOP (2014). Modelos de pliegos para contratación de obras a través de cotización. Ecuador.
- SERCOP (2014). Modelos de pliegos para contratación de obras a través de menor cuantía. Ecuador.
- INCOP (2013). Resolución RE-INCOP-095-2013. Regulaciones con relación a la aplicación, metodología y verificación de cumplimiento de los resultados de los estudios de desagregación tecnológica en la contratación de obras. Ecuador.
- Espinoza, C. (2013). Hoja de cálculo de análisis de precios unitarios, presupuestos y programación de obras APU Excel. Loja – Ecuador.
- Construcción (2014). Revista de la Cámara de la Industria de la Construcción Nro. 233. Edición Marzo – Abril 2014. Quito – Ecuador.
- Jaramillo (2014). Presupuestos de Obras Civiles con software Obras. Loja - Ecuador
- Rómel (2004). Ingeniería Revista Académica, enero – abril, año/vol. 8, número 001. Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 55-60, Mérida - México.
- <http://www.andes.info.ec/es/actualidad/ecuador-destinara-8116-millones-dolares-inversion-publica-2014.html>.
- <http://portal.compraspublicas.gob.ec/incop/biblioteca>.
- «VIVEM-EP. Alcaldía de Loja,» [En línea]. Available: [http://www.loja.gob.ec/files/quienes\\_somos.pdf](http://www.loja.gob.ec/files/quienes_somos.pdf). [Último acceso: 10 04 2015].