

TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA PROYECTOS: REVISIÓN  
BIBLIOGRÁFICA DE 2005 A 2015

HERNÁN GUILLERMO RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ

PABLO ANDRÉS ROJAS CUBIDES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C  
2015

TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA PROYECTOS: REVISIÓN  
BIBLIOGRÁFICA DE 2005 A 2015

HERNÁN GUILLERMO RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ  
20012015028

PABLO ANDRÉS ROJAS CUBIDES  
20011015088

FEIZAR RUEDA VELASCO  
Director

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C

2015

## **RESUMEN**

El principal objetivo de este documento es hacer una revisión exhaustiva de las técnicas de costeo sobre las cuáles se han centrado las revistas especializadas más importantes del mundo a lo largo de los últimos 10 años. Se hará una revisión profunda que permitirá establecer quienes son los principales autores, cuáles con las principales fuentes, cuáles son las técnicas de costeo más exploradas así como su evolución a lo largo del período observado. En el desarrollo del documento se estudiará brevemente las técnicas de costeo que se identificaron como las más significativas en los artículos seleccionados. También se ahondará en las técnicas específicas más utilizadas en los dos sectores que tienen más representatividad en el estudio de técnicas de costeo: la construcción y las tecnologías de la información. Por último se abrirá la puerta a los nuevos investigadores que deseen incursionar a campos inexplorados en el estudio de las técnicas de costeos y su aplicación.

*Palabras Clave: Gestión de proyectos, técnicas de estimación de costos, estimación paramétrica, estimación análoga, redes neuronales artificiales.*

## **ABSTRACT**

The main objective of this document is to make an exhaustive review of costing techniques over which have focused the most important journals in the world over the last 10 years. A thorough review that will establish who are the principal authors, what the main sources, what techniques costing were more explored and their evolution over the observed period. Through the document costing techniques that were identified as the most significant in the selected items will be briefly explained. It will also delve into the specific techniques used in the two sectors that have more representation in the study costing techniques: construction and IT. Finally the document identify the gap to be covered by new researchers who wish to venture into uncharted in the study of costing techniques and their application fields.

*Keywords: Project management, cost estimating techniques, parametric estimation, analogous estimation, artificial neural network.*

## CONTENIDO

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
II.	OBJETIVOS .....	11
II.1	Objetivo General .....	11
II.2	Objetivo Especifico .....	11
III.	METODOLOGÍA .....	12
IV.	MARCO REFERENCIAL.....	14
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	17
V.1	Tipos de Técnicas de Estimación.....	17
V.1.1	Estimación Análoga .....	19
V.1.2	Estimación Bottom-up o ascendente.....	19
V.1.3	Estimación paramétrica.....	20
V.1.4	Juicio experto .....	20
V.1.5	Costos de Calidad.....	20
V.2	Costos y ciclo de vida del proyecto.....	22
V.3	Análisis Bibliométrico.....	23
V.3.1	Evolución por año de la temática .....	24
V.3.2	Principales Revistas Científicas .....	24
V.3.3	Autores .....	26
V.3.4	Instituciones de Referencia .....	26
V.3.5	Países Líderes en Publicación.....	27
V.3.6	Técnicas de costeo de proyectos estudiadas .....	29
V.3.7	Sectores de aplicación de las técnicas de costeo.....	32
V.3.8	Técnicas de costeo específicas .....	34
V.4	Análisis de patentes .....	49
V.4.1	Evolución de la patentabilidad .....	50
1.1.1	Instituciones líderes en patentes.....	50
1.1.2	Inventores líderes .....	51
1.1.3	Áreas tecnológicas .....	51
1.1.4	Mercados protegidos .....	52

V.4.2	Tendencias Identificadas.....	52
VI.	CONCLUSIONES .....	54
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	57

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Metodología. ....	12
Tabla 2: Técnicas de estimación de costos. ....	14
Tabla 3: Herramientas y técnicas para la estimación de costos. ....	16
Tabla 4: Factores que afectan los costos de calidad. ....	21
Tabla 5: Técnicas de estimación empleadas en diferentes fases de proyecto. ....	22
Tabla 6: Palabras clave y resultados. ....	23
Tabla 7: Base de artículos para el análisis. ....	24
Tabla 8: Revistas con mayor número de artículos. ....	25
Tabla 9: Técnicas específicas por revista. ....	25
Tabla 10: Instituciones con mayor número de artículos. ....	27
Tabla 11: Clasificación del tipo de método de costeo por artículo. ....	29
Tabla 12: tipos de proyectos según COCOMO. ....	40
Tabla 13: Multiplicadores utilizados en COCOMO II. ....	42
Tabla 14: Tópicos de búsqueda para patentes relacionadas con costeo de proyectos. ....	49
Tabla 15: Instituciones líderes. ....	50
Tabla 16: Áreas tecnológicas líderes. ....	52
Tabla 17: métodos de costeo y sectores de aplicación identificados en las Patentes. ....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolución en el número de artículos. ....	24
Gráfico 2: Distribución geográfica de las publicaciones. ....	28
Gráfico 3: Categorización general de las publicaciones por método de costeo. ....	29
Gráfico 4: Sectores de aplicación de los modelos de estimación de costos. ....	33
Gráfico 5: Proceso de un algoritmo genético simple. ....	46
Gráfico 6: Dinámica de Patentamiento. ....	50
Gráfico 7: Nacionalidad de los inventores. ....	51
Gráfico 8: Mercados protegidos. ....	52

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tipos de estimación de costos. ....	17
Ilustración 2: clasificación de los métodos de estimación de costos. ....	18
Ilustración 3: Elementos críticos de la estimación de costos. ....	19
Ilustración 4: Ciclo de vida de los proyectos de inversión pública en Noruega. ....	22
Ilustración 5: Técnicas Híbridas. ....	32

Ilustración 6: Técnicas específicas empleadas para la estimación de costos. ....	36
Ilustración 7: Modelo de Red Neuronal Artificial. ....	37
Ilustración 8: Fase de entrenamiento de una Red Neuronal .....	39
Ilustración 9: Fase de corrida de una Red Neuronal. ....	39
Ilustración 10: Niveles COMOMO II. ....	41
Ilustración 11: Ilustración de un sistema difuso. ....	43
Ilustración 12: Ciclo del razonamiento basado en casos. ....	44

## INTRODUCCIÓN

El costo es transversal a cualquier fase del proyecto, brindando información substancial para la toma de decisiones, la programación de los costos y la gestión de los recursos (Doloi, 2011), por tanto una estimación de costos deficiente, puede convertirse en una de las principales razones por las cuales el proyecto puede fallar incurriendo en sobrecostos o ser declarado financieramente inviable.

Por su parte, el Project Management Institute (PMI), destacado actualmente como una de las entidades de referencia en cuanto a cuerpo de conocimiento y buenas prácticas en gestión de proyectos, dentro de su capítulo de “Gestión de Costos”, incluye la estimación de costos como uno de sus procesos de referencia, en el cual aparecen diferentes herramientas y técnicas para este fin, como la estimación análoga o paramétrica (Project Management Institute, 2013).

Este documento pretende servir como base para analizar el marco de conocimiento actual entorno a la estimación de costos, para ello, se presentará un breve análisis respecto a los tipos de técnicas de estimación de costos encontrados en la literatura, el detalle del análisis bibliométrico de los artículos científicos relacionados directamente con la temática de estimación de costos para proyectos y el análisis de patentes que permita identificar los principales métodos o sistemas de procesamiento que apoyan el proceso de costeo en proyectos, teniendo en cuenta que una de las herramientas para este proceso es el software, finalmente se encontraran las principales conclusiones de este estudio.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El costo, se considera como uno de elementos fundamentales en la denominada triple restricción en la gestión de proyectos, junto al tiempo y el alcance. A través de este se refleja los recursos necesarios para ejecutar la totalidad de las actividades del proyecto, esto incluye elementos tan diversos, como la mano de obra, software y hardware, locaciones de trabajo, equipos, reservas para contingencias o imprevistos, entre otros.

Dentro del ciclo de vida del costo, específicamente en la etapa de planeación, se efectúan las estimaciones de los mismos, utilizando diferentes herramientas y técnicas aplicadas a proyectos de diversas categorías y sectores, que han venido siendo desarrolladas desde hace varios años (Amigun & von Blottnitz, 2009), no obstante, las técnicas también han sido combinadas estratégicamente para crear nuevos modelos híbridos, dando un giro a los modelos tradicionales de estimación (Trivailo, Sippel, & Şekercioğlu, 2012).

Por ello, este trabajo pretende responder a las siguientes preguntas de investigación: ¿En qué medida, en los últimos 10 años ha evolucionado el concepto de costeo de proyectos en la literatura científica? ¿Cuál es el enfoque actual de las técnicas de estimación de costos? ¿Cuáles son las perspectivas y tendencias de investigación relacionadas con las técnicas de costeo de proyectos?

## **II. OBJETIVOS**

### **II.1 Objetivo General**

Desarrollar un marco de conocimiento que sirva como guía para el desarrollo investigativo y/o práctico en las técnicas de costeo de proyectos a partir de la revisión sistemática de la literatura científica en el periodo 2005-2015.

### **II.2 Objetivo Especifico**

1. Caracterizar las principales autores, fuentes, métodos, metodología, herramientas, criterios, variables y objetivos de la literatura científica en cuanto a las técnicas de costeo de proyectos.
2. Identificar la evolución de las publicaciones referentes a las técnicas de costeo a través del tiempo, en el periodo comprendido entre 2005-2015.
3. Identificar vacíos o deficiencias en las bases teóricas o prácticas relacionadas con las técnicas de costeo de proyectos que permitan evidenciar nuevas áreas de conocimiento o líneas de investigación.

### III. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo realizamos una revisión de la literatura científica, que permitió realizar en varias etapas la contextualización, clasificación, categorización y análisis de la acumulación del conocimiento (Molina, 2005), en lo relacionado a las técnicas de estimación de costos aplicadas a proyectos, los artículos fueron recopilados a través de reconocidas bases de datos que agrupan los principales Journal, de esta manera se asegura el carácter científico de la información recopilada. Para el análisis de la información se empleó estadística descriptiva, con la cual se identificó las relaciones y características de las variables a partir de los valores o puntuaciones, distribuciones de frecuencias, histogramas, graficas circulares, medidas de tendencia central, entre otras permitiendo cumplir con el objetivo, y a su vez facilite la comprensión para cualquier persona que tenga acceso a los resultados.

Esta trabajo se desarrolló en 4 etapas, iniciando con **Contextualización**, etapa que implicó la conceptualización de la Estimación de costos, herramientas y técnicas, seguido de la Búsqueda de artículos con la que se realizó la bases de datos que permitió por medio de ecuaciones de búsqueda, con palabras claves, identificar los artículos relacionados al tema de estudio, evaluando aleatoriamente los resultados, con el fin de validar la precisión de los resultados de la ecuación, iterativamente hasta que decantó en la primera clasificación.

Una vez se finalizada la contextualización, procedimos a la **Clasificación**, etapa donde se revisó los artículos encontrados uno a uno, validando títulos, abstracts, keywords, que permitieron seleccionar aquellos que tienen pertinencia con el tema objeto de estudio, de esta manera se construyó la matriz de registro.

**Categorización** etapa en la cual se realizó la caracterización del tema de estudio basándonos en las variables que definen a cada uno de los artículos, igualmente se identificó la evolución del estado del arte, analizando individual e interrelacionadamente las variables que permitió comprender y construir un marco de conocimiento, permitiendo pasar a la etapa final de **Análisis** en la cual identificamos las perspectivas y tendencias de las técnicas de costeo en proyectos.

*Tabla 1: Metodología.  
Fuente: Los Autores, 2015.*

ETAPA	ACTIVIDADES
CONTEXTUALIZAR	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conceptualización de la estimación de costos, herramientas y técnicas en el estado del arte.</li><li>• Búsqueda en bases de datos – limitando los resultados a través de ecuaciones de búsqueda con palabras</li></ul>

	claves del tema de estudio.
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuración de los Artículos, revisando uno a uno, validando criterios de pertinencia relacionados al tema de estudio, enfocado en el abstract y keywords.</li> <li>• Construcción Matriz de registros, en la cual se clasifica las características que determinen el objetivo del documento.</li> </ul>
<b>CATEGORIZACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización del estado del arte en las técnicas de estimación de costo.</li> <li>• Evolución de las técnicas de estimación de costos, en el periodo de estudio.</li> <li>• Análisis de la interrelación de las variables.</li> </ul> <p>Variables.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Journal de publicación.</li> <li>• País de publicación.</li> <li>• Instituciones.</li> <li>• Sector objeto de estudio del artículo.</li> <li>• Autores.</li> <li>• Técnicas de costeo, Basadas en la clasificación del PMI.</li> <li>• Herramientas de costeo, Basadas en la clasificación del PMI.</li> </ul>
<b>ANÁLISIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de Perspectivas y Tendencia, de las técnicas de estimación de costo, aplicados en la etapa de planeación de proyectos</li> </ul>

El instrumento utilizado para la recolección de los datos, fue la plantilla para el registro de artículos, la cual puede visualizarse en los anexos.

#### IV. MARCO REFERENCIAL

Como lo define el PMI “Estimar los Costos es el proceso que consiste en desarrollar una estimación aproximada de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto”(Project Management Institute, 2013). (Cheng, Tsai, & Sudjono, 2010) indican que este proceso es fundamental para todos los proyectos, pero, especialmente aquellos relacionados con la ingeniería, donde se encuentra estrechamente ligado a la planificación, diseño, y gestión de presupuestos. Así mismo, varios investigadores han trabajado en el desarrollo de estimadores de costos que maximizan el valor práctico en ambientes con información limitada con el fin de mejorar la exactitud y fiabilidad de la estimación de los costos de trabajo.

Dado que uno de los principales errores al momento de realizar las estimaciones corresponde a que los costos del proyecto son estimados de manera optimista, incompleta o imprecisa, sin considerar todos los factores que intervienen en los costos reales, como la adecuada elección de materiales, herramientas, equipos, economías de escala, factores de desplazamiento de los costos en el tiempo y los imprevistos que pudieran aparecer durante la ejecución (Rivera & Hernández, 2010), en particular en proyectos de construcción, la exactitud de la estimación es a veces incierta debido a la complejidad del proyecto y los cambios en el diseño (Jadid & Idrees, 2007a).

Entre las técnicas de estimación de costos se encuentran las descritas en la Tabla 1.

*Tabla 2: Técnicas de estimación de costos.  
Fuente: (NASA, 2015), (Roy, Souchoroukov, & Shehab, 2011) (Trivailo et al., 2012)*

<b>Técnica</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Estimación por Analogía</b>	Basada en datos históricos, enfocándose en la comparación del esfuerzo y la extrapolación del mismo entre el objeto que está siendo costeadado y su análogo. Rápida y fácil de entender	Requiere ser normalizada para asegurar su precisión
<b>Estimación Paramétrica</b>	Se basa en observaciones reales y elimina la dependencia de subjetividad del costeador Permite generar escenarios del tipo “que pasa si...”	Se debe documentar todo el proceso de análisis, desde la selección de los datos, ajustes, desarrollo de ecuaciones, análisis estadístico, hasta la validación y aceptación del modelo. La recolección y preparación de los datos suele ser difícil, costosa y requiere tiempo.
<b>Engineering Build-Up ó “bottom-up</b>	Altamente reutilizable e intuitiva.	No genera niveles de confianza estadística. Las relaciones entre los elementos del

		costo deben ser programados por el analista.
<b>Juicio experto u opinión experta</b>	Es una metodología ampliamente aplicada	Carácter netamente subjetivo, los supuestos y la evaluación se basan en el conocimiento y experiencia del analista.

El PMBOK dedica uno de sus capítulos exclusivamente a la gestión de costos del proyecto, a pesar de esto es más amplio y no delimita las técnicas de costeo como tal, las enmarca dentro de un gran ítem denominado *Herramientas y técnicas para la estimación de costos* dentro de cuyos ítems podemos ver:

1. Juicio de expertos
2. Estimación análoga
3. Estimación paramétrica.
4. Estimación ascendente
5. Estimación por tres valores
6. Análisis de reservas
7. Costo de la Calidad
8. Software de gestión de proyectos
9. Análisis de ofertas de proveedores
10. Técnicas grupales de toma de decisiones

Para efectos de una primera aproximación en este trabajo se ha decidido separarlas en tres (3) categorías: Técnicas, Herramientas, y Costos Marginales, tal y como se observa en la Tabla 3

*Técnicas.* Hacen referencia a la manera que se puede categorizar las diferentes técnicas de costeo que se encontrarán en los documentos de revisión, es en ellas en las que se centrará la presente investigación. Presentan una metodología claramente definida que permite ser categorizada en uno o varias tipos de técnicas.

*Herramientas.* Facilitan en uso de las Técnicas de costeo, son instrumentos en los que se apoyan las técnicas que permiten llegar más rápido al resultado final del costeo.

*Costos Marginales a tener en cuenta.* Son costos que no son inherentes al objetivo principal de los proyectos, pero que se deben tener en cuenta para evitar caer una estimación equivocada.

Tabla 3: Herramientas y técnicas para la estimación de costos.

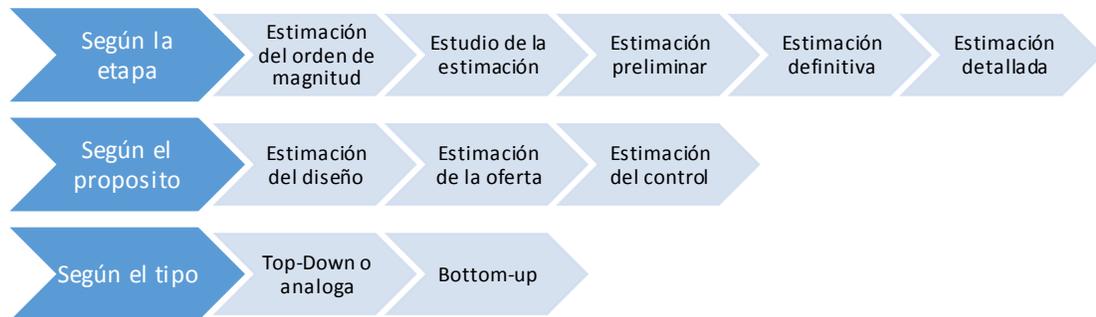
Fuente: Los Autores, adaptado del PMBoK, 2015.

<b>Técnicas</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Costos marginales a tener en cuenta</b>
<b>Estimación Análoga</b>	Software de gestión de proyectos	Análisis de reservas
<b>Estimación Paramétrica</b>	Análisis de ofertas de proveedores	Costo de la Calidad
<b>Estimación Ascendente</b>	Técnicas grupales de toma de decisiones	
<b>Estimación por tres valores</b>		
<b>Juicios de expertos</b>		

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### V.1 Tipos de Técnicas de Estimación

En general, la literatura ofrece varias clasificaciones para la estimación de costos. Por ejemplo (Kim, Seo, & Hyun, 2012), identifica diferentes clasificaciones, las cuales se muestran en la Ilustración 1:



*Ilustración 1: Tipos de estimación de costos.  
Fuente: (Kim et al., 2012)*

Por otro lado (Trivailo, Sippel, & Şekercioğlu, 2012), realizan un análisis específico de métodos de estimación que se han aplicado en la planeación de misiones espaciales, en el cual identifican tres métodos: estimación análoga y paramétrica, las cuales clasifica como estimaciones del tipo top-down y juicio experto. Así mismo, mencionan que las técnicas también se trabajan conjuntamente para generar nuevos modelos híbridos.

(Berlin, Raz, Glezer, & Zviran, 2009), dividen las técnicas de estimación de costos en las siguientes: juicio experto, como por ejemplo el método Delphi, modelos cuantitativos basados en datos empíricos, como la regresión multivariada y técnicas de aprendizaje de máquina (ML) basadas en alguna inteligencia artificial, como las redes neuronales.

(Caputo & Pelagagge, 2008a), establecen una segmentación clara entre métodos cualitativos y cuantitativos (Ilustración 2), dentro de los métodos cuantitativos agrupan el juicio experto y reglas heurísticas. Adicionalmente, como novedad hablan de modelos cuantitativos genérico-analíticos, en el cual se parte de la descripción del proceso de creación del producto real, para llegar a un análisis detallado de las operaciones en fábrica, con el cual se estima cada fase de procesamiento y se le asigna un valor monetario correspondiente al consumo de recursos en la operación específica. La descripción que realizan los autores, conceptualmente se asemeja a los sistemas de costeo ABC o bottom-up.



Ilustración 2: clasificación de los métodos de estimación de costos.  
Fuente: (Caputo & Pelagge, 2008a)

(J.-S. Chou, Tai, & Chang, 2010) categorizan los modelos de estimación de costos en: estimación análoga, bottom-up y tecnologías computacionales combinadas con Inteligencia artificial.

Así mismo, (Kim et al., 2012) indica que la selección de la metodología de la estimación, depende de la finalidad de la estimación, el nivel de detalle y las características de los datos disponibles. Aquí influyen diversos factores (Ilustración 3), no obstante, el factor humano, representado por el estimador o experto que realizará la estimación es uno de los elementos más importantes a considerar:

- Datos Históricos: corresponde a los datos históricos de proyectos similares.
- Datos Actuales: por ejemplo en el sector de la construcción corresponde a los costos de material, recursos tipo labor y equipamiento.
- Metodología de Estimación: Corresponde al método específico para modelizar los costos, tales como método paramétrico o tasas unitarias.
- Información del Proyecto: información sobre el proyecto actual, incluyendo el alcance y las principales características.

Cabe resaltar, que los enfoques para el costeo de proyectos desarrollados recientemente tienden a usar métodos más complejos y un gran volumen de datos debido al uso intensivo de tecnologías informáticas y técnicas de programación matemática (Kim et al., 2012).



*Ilustración 3: Elementos críticos de la estimación de costos.  
Fuente: (Kim et al., 2012)*

A continuación se realizará una breve descripción de los métodos de costeo referenciados en diferentes artículos:

### **V.1.1 Estimación Análoga**

Estimación Top-down o análoga, es comúnmente usada en las fases de diseño conceptual. Se caracteriza por utilizar información sobre los costos históricos de proyectos previos que cuentan con características similares. Normalmente el estimador del costo, toma de la base histórica organizacional el proyecto que se asemeje y con esta información modifica el proyecto actual.

Este tipo de estimación lleva en si una carga subjetiva, ya que es el analista quien establece el nivel de similitud entre los proyectos.

Entre sus ventajas, se encuentra su fácil y rápida aplicación, sin embargo, la mayor dificultad radica en encontrar el análogo correcto para la estimación.

### **V.1.2 Estimación Bottom-up o ascendente**

Comúnmente aplicada para el costeo de paquetes específicos de trabajo o actividades, por tanto se requiere que la información del proyecto este detallada y disponible. El estimador del costo, rompe el proyecto en múltiples ítem de trabajo y estima el monto de los recursos de tipo labor, equipo y materiales necesarios para completar cada uno de esos ítems, así mismo, identifica los costos unitarios de estos costo. Finalmente, los ítems individuales son sumados para identificar el costo total.

El costeo basado en actividades (ABC), es una técnica del tipo estimación ascendente o bottom-up, no obstante, es genérica y aplica no solo para el costo de proyectos, sin para calcular los costos en que se incurre por las actividades de manufactura para un producto (Khodakarami & Abdi, 2014).

### **V.1.3 Estimación paramétrica**

Modelos de costos paramétricos pertenecen a la familia de los métodos estadísticos en los cuales se identifican vínculos causales y se correlacionan costos y características del producto con el fin de obtener una función paramétrica con una o más variables.

(Marbán, Menasalvas, & Fernández-Baizán, 2008) indican que la precisión de la estimación realizada con modelos paramétricos está basada en:

- Una definición precisa de las ecuaciones que se utilizaran. En la mayoría de los modelos paramétricos, las ecuaciones no lineales han reemplazado a las lineales.
- Refinación constante de los parámetros utilizados. Esto implica no sólo la adición o eliminación de ellos para reflejar los cambios en la tecnología, sino también un conocimiento profundo de los seleccionados.
- Calibración de los valores numéricos para cada parámetro.
- Nivel de calificación para cada parámetro utilizado

### **V.1.4 Juicio experto**

Es una metodología en la cual los supuestos y evaluaciones del proyecto son formulados por el estimador basado en su propia experiencia y conocimiento. Por tanto su enfoque es muy intuitivo y es altamente susceptible al sesgo personal y sensible a las presiones políticas.

La estimación de costos bajo esta metodología se puede dar en cualquiera de las fases del proyecto y es altamente útil cuando a información histórica es escasa o inexistente. Así mismo, una vez reunido el grupo de expertos, se requiere un tiempo mínimo y esfuerzo mínimo para generar la estimación.

### **V.1.5 Costos de Calidad**

Los costos de calidad (COQ) suelen entenderse como la suma de los costos de conformidad y no conformidad, donde el costo de la conformidad es el precio pagado

por la prevención de mala calidad, y el costo de no conformidad es el costo de la mala calidad causado por la falla del producto y servicio. Los COQ pueden dividirse en cuatro (4) categorías (Tawfek, Mohammed, & Abdel Razek, 2012):

- Costos de prevención: es el costo de cualquier acción tomada para investigar, prevenir o reducir el riesgo de no conformidad.
- Costos de evaluación: Es el costo de la evaluación de la consecución de los requerimientos de calidad.
- Costo de falla interna: son los costos derivados dentro de una organización, debido a las no conformidades o defectos en cualquier etapa del ciclo de calidad.
- Costo de falla externa: el costo que surge después de la entrega a un cliente, debido a las no conformidades o defectos.

Según (Tawfek et al., 2012), los costos de calidad son uno de los elementos que debe tenerse en cuenta para determinar el costo total de cualquier proyecto, en especial, aquellos relacionados con el sector de la construcción, por su parte, (Engel & Last, 2007) afirman que los costos de calidad en proyectos intensivos en software pueden consumir hasta el 60% del presupuesto de desarrollo. Así mismo, un problema asociado con estas estimaciones se relaciona con que los datos de entrada son imprecisos por naturaleza.

En la Tabla 4, se muestran un conjunto de factores que pueden influir sobre los costos de calidad:

*Tabla 4: Factores que afectan los costos de calidad.  
Fuente: (Tawfek, Mohammed, & Abdel Razek, 2012)*

<b>Alto Efecto</b>	<b>Mediano Efecto</b>	<b>Bajo Efecto</b>	<b>No Afecta</b>
Duración del proyecto	Periodo del proceso de auditoria	Requerimientos de ingeniería	Requerimientos de preparación del sitio
Costos de calidad planeados para el proyecto	Proveedores	Errores de diseño	Equipo con periodo improductivo
Experiencia del equipo de supervisión	Turnos de trabajo (12-24 horas)	Plan de mejora de la calidad	Contratistas – joint venture.
Tamaño del proyecto	Porcentaje de entregas rechazadas	Tipo de contrato	Gestión del flujo de caja del proyecto
Localización del proyecto	Tiempo de trabajo (8-12 horas)	Accidentes	Condiciones climáticas

Concepto de calidad para el equipo de proyecto	Naturaleza de los sub-contratistas.	Material defectuoso	Nuevas técnicas de construcción
Clases de contratistas		Salarios	
Tipo de cliente		Factores externos	
Habilidades del equipo de trabajo			

## V.2 Costos y ciclo de vida del proyecto

(J. S. Chou, Yang, & Chong, 2009) establecen una clasificación en la cual identifican la técnica de estimación y la cruzan con diferentes fases del proyecto, indicando la etapa ideal en la que debería utilizarse dicha técnica (Tabla 5)

Tabla 5: Técnicas de estimación empleadas en diferentes fases de proyecto.  
Fuente: (J. S. Chou, Yang, & Chong, 2009)

Técnica de Estimación	Fase del proyecto				
	Iniciación	Planeación del Proyecto	Diseño Preliminar	Diseño Detallado	Ejecución
<b>Estimación Paramétrica</b>	X	X	X		
<b>Simulación Estocástica</b>	X	X			
<b>Razonamiento Basado en Casos (CBR)</b>	X	X	X		
<b>Redes Neuronales Artificiales</b>	X	X	X		
<b>Costeo Basado en Actividades (ABC)</b>				X	X

En particular, (Magnussen & Olsson, 2006) analizan 31 proyectos públicos en Noruega de los sectores de Infraestructura de transporte, construcción, defensa y tecnologías de la información, la Ilustración 4, presenta el ciclo de vida del proyecto, en el cual durante la fase de “pre-planeación”, se realizan las estimaciones de costos, este proceso puede variar entre varios meses o entre uno o tres años, dependiendo de cada proyecto.

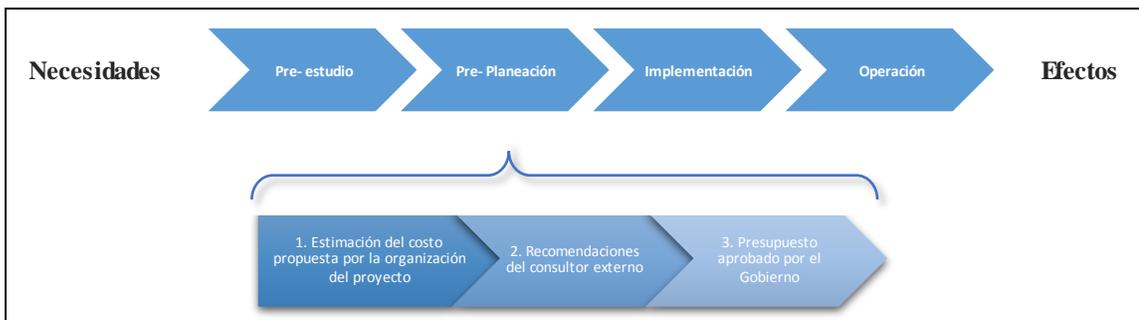


Ilustración 4: Ciclo de vida de los proyectos de inversión pública en Noruega.  
Fuente: (Magnussen & Olsson, 2006)

El proceso indica que la estimación inicial es realizada por la organización proponente del proyecto, usualmente un Ministerio, posterior a ello, los consultores ofrecen una evaluación externa del proyecto y dan sus recomendaciones sobre el presupuesto partiendo de un análisis independiente de incertidumbre. Finalmente, se recibe la aprobación del Gobierno y el permiso para la ejecución del proyecto.

En el estudio muestran que las estimaciones iniciales de costos realizadas por los proponentes de proyectos, normalmente son mayores a aquellas desarrolladas por parte de consultores externos, en un 74% de los proyectos, así mismo, la decisión del gobierno se basa directamente en la estimación del consultor externo.

### V.3 Análisis Bibliométrico

Teniendo en cuenta la temática de análisis “estimación de costos para proyectos”, se identificaron palabras clave que respondieran a la temática y se encontraran disponibles en los campos de resumen, título y palabras clave de los artículos científicos (Ver Tabla 6). Las bases de datos utilizadas para este estudio fue ScienceDirect y Wiley, adicionalmente, todos los resultados se filtraron por “Journals”.

Para el caso particular de los términos Cost project / Project cost, se evidencio que las búsquedas arrojaban artículos genéricos que no necesariamente se enfocaban en la estimación, por tanto se utilizaron palabras clave adicionales: Method, Technique y tool.

Para el caso de “cost estimate”, “cost estimation” y “Cost estimating” se utilizó adicionalmente el temino “project”, ya que las búsquedas arrojaban artículos de otras áreas.

*Tabla 6: Palabras clave y resultados.  
Fuente: Los Autores, 2015.*

<b>Ecuación</b>	
(“Cost project” or “project cost”) and (method or tools or techniques)	110
("cost estimating" OR "cost estimate" OR "cost estimation") and (project)	237
<b>TOTAL</b>	<b>347</b>

Para el refinamiento de los resultados se procedió a realizar la depuración manual, es decir, cada artículo fue revisado para validar su pertinencia con la temática de análisis.

Una vez depurada la información, se identificaron 83 relacionados con la temática artículos, los cuales han sido tomados como base para este trabajo (Tabla 7).

Tabla 7: Base de artículos para el análisis.  
Fuente: Los Autores, 2015.

<b>Ecuación</b>		<b>Resultados</b>
("Cost project" or "project cost") and (method or tools or techniques)	110	21
("cost estimating" OR "cost estimate" OR "cost estimation") and (project)	237	62
<b>TOTAL</b>	<b>347</b>	<b>83</b>

### V.3.1 Evolución por año de la temática

En los últimos 10 años (2005-2015), la dinámica de publicación acerca de métodos de estimación de costos ha sido constante, no hay un solo año en el cual, el tema no produjera artículos, generando interés con pequeño crecimiento desde el 2005 hasta el 2012, el año 2013 presenta una caída de casi el 50% de las publicaciones, y con una recuperación en el 2014 con 11 artículos, en el caso del 2015, no se puede hacer ninguna afirmación dado que es el año en curso en que se está realizando el presente estudio.

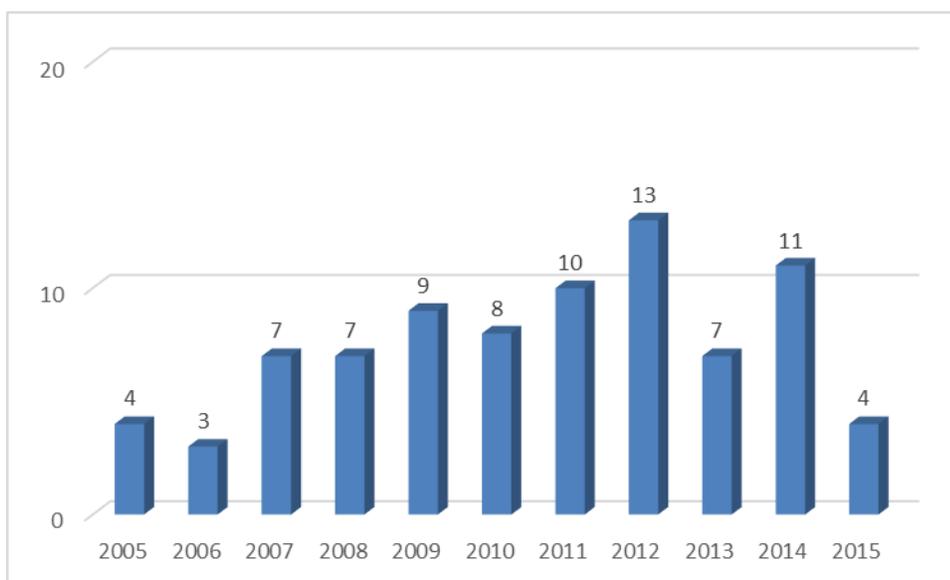


Gráfico 1: Evolución en el número de artículos.  
Fuente: Los Autores, 2015.

### V.3.2 Principales Revistas Científicas

La Tabla 8, muestra las revistas que cuentan con el mayor número de artículos, como se puede apreciar, el International Journal of Project Management, revista de referencia en temas relacionados con la gestión de proyectos, se encuentra en el segundo lugar,

adicionalmente existen 28 revistas más que cuentan con uno (1) o dos (2) artículos, llama la atención que el 39% de estas revistas están enfocadas en publicar investigaciones de las áreas de Ciencias de la Computación.

Tabla 8: Revistas con mayor número de artículos.  
Fuente: Los Autores, 2015.

Nombre de la revista	#artículos
<b>Expert Systems with Applications</b>	11
<b>International Journal of Project Management</b>	10
<b>Automation in Construction</b>	8
<b>Journal of Systems and Software</b>	6
<b>International Journal of Production Economics</b>	5
<b>Procedia - Social and Behavioral Sciences</b>	4
<b>Project Management Journal</b>	3
<b>Applied Soft Computing</b>	3

La Tabla 9, muestra el detalle de las técnicas específicas de costeo que han sido utilizadas en los modelos presentados en las tres principales revistas científicas:

Tabla 9: Técnicas específicas por revista.  
Fuente: Los Autores, 2015.

Método de costeo específico	Expert Systems with Applications	International Journal of Project Management	Automation in Construction
Redes Neuronales Artificiales	3	1	
Lógica Difusa	2		
Modelos de Regresión Lineal	2		1
Support Vector Machine	2	1	1
Modelos Heurístico de asignación de peso	1		
Morphological-rank-linear (MRL)	1		
Modified genetic algorithm (MGA)	1		
multi-factor evaluation sub-model	1		
Hierarchy probability cost analysis (HPCA)	1		
Case Based Reasoning (CBR)	1		1
Probabilistic cost sub-model	1		
Algoritmo Genético	1	1	1
MAIMS	1		
BIM			1
Simulación		1	1
Redes Bayesianas		1	
COCOMO II		1	
Análisis de incertidumbre		1	
Estimación basada en lista de costos			1
RDBMS			1
Experiencia		1	
SPARQL			1
Gestión de la reserva		1	
Simulación Monte Carlo		1	2
Basado En Calculos		1	
historical data-based estimates for work packages			1
Tormenta de Ideas		1	
Modelo de Simulación		1	
Modelo Matemático propuesto		1	

Respecto a los artículos publicados en “Expert Systems with Applications” revista que se enfoca en difundir artículos relacionados con sistemas inteligentes y expertos aplicados a la industria, la selección de documentos, está orientada principalmente en realizar propuestas sobre modelos para el proceso de costeo, es aquí donde se evidencian la mayor parte de aplicaciones basadas en redes neuronales, lógica difusa y en general inteligencia artificial.

A diferencia del “International Journal of Project Management”, cuyos artículos estaban más enfocados en el desarrollo de estudios de caso y modelos basados en simulaciones.

En cuanto a “Automation in Construction”, como su nombre lo indica, la revista se enfoca en la publicación de artículos relacionados directamente con aplicaciones para el sector de la construcción, alineado a esto, los artículos identificados corresponden en su totalidad a investigaciones para grandes obras de ingeniería.

### **V.3.3 Autores**

Entre la totalidad de artículos analizados, se identificaron 235 autores, no obstante, la mayoría de ellos solo cuentan con un artículo. Los autores que cuentan con más de una publicación son: Miguel Angel Sicilia (2), Tai, Yian (2), Min-Yuan Cheng (2), I-Tung Yang (2), S. Deng (2).

Finalmente, el profesor Jui-Sheng Chou de la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán, experto en gestión de proyectos e ingeniería civil, cuenta con 7 publicaciones asociadas a la temática de análisis. Sus publicaciones se enfocan en el desarrollo de estimaciones de costos de proyectos de construcción para carreteras, pavimento, transporte y productos de alta tecnología. Principalmente utilizando herramientas de la Inteligencia artificial, el razonamiento basado en casos y algoritmos genéticos (J.-S. Chou & O’Connor, 2007) (J. S. Chou, Yang, & Chong, 2009) (J.-S. Chou, 2009a) (J.-S. Chou, 2009b) (J.-S. Chou et al., 2010) (J.-S. Chou, 2011) (J. S. Chou, Cheng, Wu, & Tai, 2011).

### **V.3.4 Instituciones de Referencia**

Se identificaron 123 instituciones de las cuales solo las referenciadas en la Tabla 10, tiene 2 o más artículos. De estas, el 85% corresponden a entes de carácter académico, tales como universidades o centros de investigación especializados, el 12% son empresas del sector privado y el restante 3% corresponde a instituciones gubernamentales, tales como: Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá, el

Ministerio de Defensa de Corea, el Instituto de Sistemas Espaciales del gobierno alemán y la Oficina de Prevención y Control de Enfermedades de Tailandia.

*Tabla 10: Instituciones con mayor número de artículos.  
Fuente: Los autores, 2015.*

<b>Institución</b>	<b># Artículos</b>
<b>National Taiwan University of Science and Technology</b>	8
<b>National Defense University</b>	3
<b>Aristotle University of Thessaloniki</b>	3
<b>National Taipei University of Technology</b>	2
<b>Cranfield University</b>	2
<b>University of Alcalá</b>	2
<b>National University of Singapore</b>	2
<b>Monash University</b>	2

### **V.3.5 Países Líderes en Publicación**

El Gráfico 2, muestra la distribución geográfica de las publicaciones, alineado a las instituciones, el país que reporta el mayor número de artículos científicos es Taiwán, el cual ha realizado publicaciones en diversas áreas, tales como Transporte, Construcción, Manufactura y Tecnologías de la Información, así mismo, el 90% de sus artículos se concentran en modelos de estimación paramétrica, la mayoría de ellos en aplicaciones con redes neuronales como los expuestos por (Deng & Yeh, 2010a) (Cheng, Tsai, & Sudjono, 2010) (Che, 2010) (J.-S. Chou et al., 2010) (Y.-R. Wang, Yu, & Chan, 2012) (Deng & Yeh, 2011)(Y.-R. Wang et al., 2012).

Reino Unido por su parte trabaja en un número más variado de modelos, generando artículos sobre estimación análoga, paramétrica, juicio experto y estimación ascendente, en diferentes áreas como: software, construcción, automoción y salud. (Mendes, Mosley, & Counsell, 2005) (Rajkumar Roy, Colmer, & Griggs, 2005) (Cuadrado-Gallego, Sicilia, Garre, & Rodríguez, 2006) (Aggidis, Luchinskaya, Rothschild, & Howard, 2010) (R. Roy, Souchoroukov, & Shehab, 2011) (Simperl, Bürger, Hangl, Wörgl, & Popov, 2012) (Uzzafer, 2013) (Harris, Heptonstall, Gross, & Handley, 2013) (Olawale & Sun, 2014).

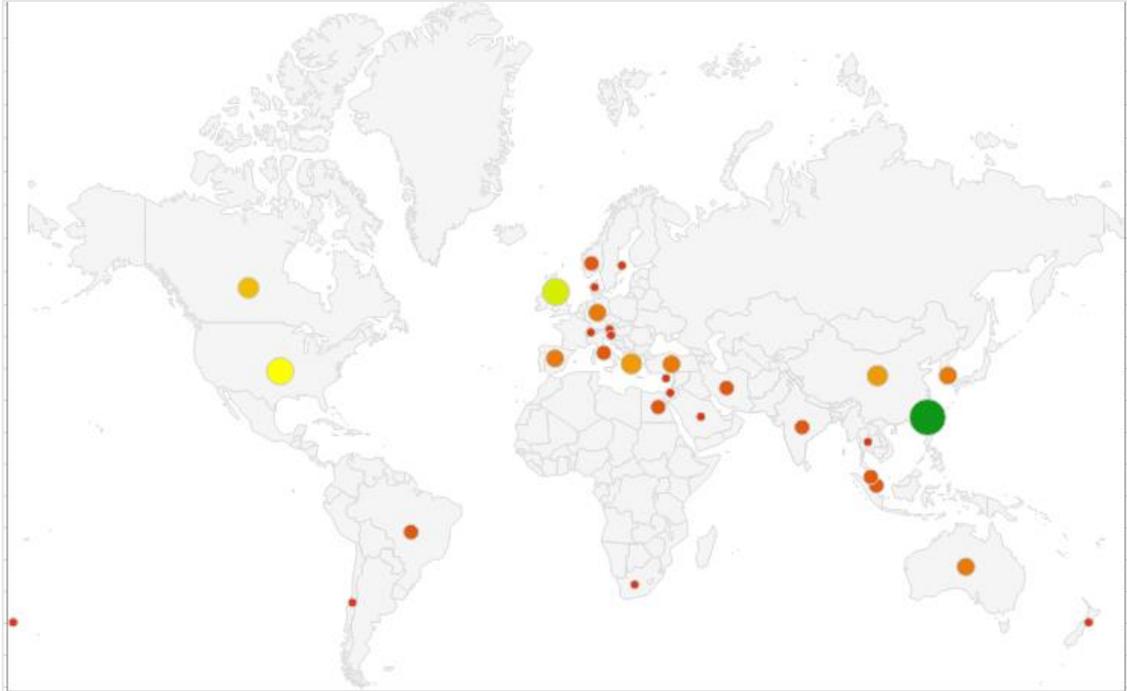


Gráfico 2: Distribución geográfica de las publicaciones.  
Fuente: Los Autores, 2015.

Cabe resaltar que no son comunes las investigaciones en las que participen tres o más países, el análisis reportó solo las siguientes:

- Desarrollo de un método de estimación de costos para proyectos de desarrollo de ontologías (Simperl et al., 2012), ejecutado por instituciones de Alemania, Austria y Reino Unido.
- Integración de modelos no paramétricos con componentes lineales para la generación de estimaciones de costo de software (Mittas, Papatheocharous, Angelis, & Andreou, 2015), adelantado por Grecia, Chipre y Suecia.
- Y uno enfocado en el sector salud, correspondiente a la estimación del costo para aplicar la vacuna contra el rotavirus en el programa de inmunización de Malawi (Madsen et al., 2014), llevado a cabo por Dinamarca, Reino Unido y Sudáfrica.

Finalmente, respecto a la producción latinoamericana solo se identificaron dos (2) artículos:

- Uso de redes neuronales para la estimación de costos de tubos intercambiadores de calor, realizado entre Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile) y la Universidad de Passo Fundo (Brasil) (Duran, Rodriguez, & Consalter, 2009)
- Metodología morfológica híbrida para la estimación de costos de desarrollo de software, efectuado por la Universidad Federal de Pernambuco (Brasil) (Araújo, Soares, & Oliveira, 2012).

Como se observa, la región latinoamericana está muy lejos de igualar la producción de otras zonas del mundo, se encuentra rezagada en investigaciones de este tipo.

### V.3.6 Técnicas de costeo de proyectos estudiadas

En general, la mayoría de las investigaciones esta enfocadas hacia modelos paramétricos (Gráfico 3)

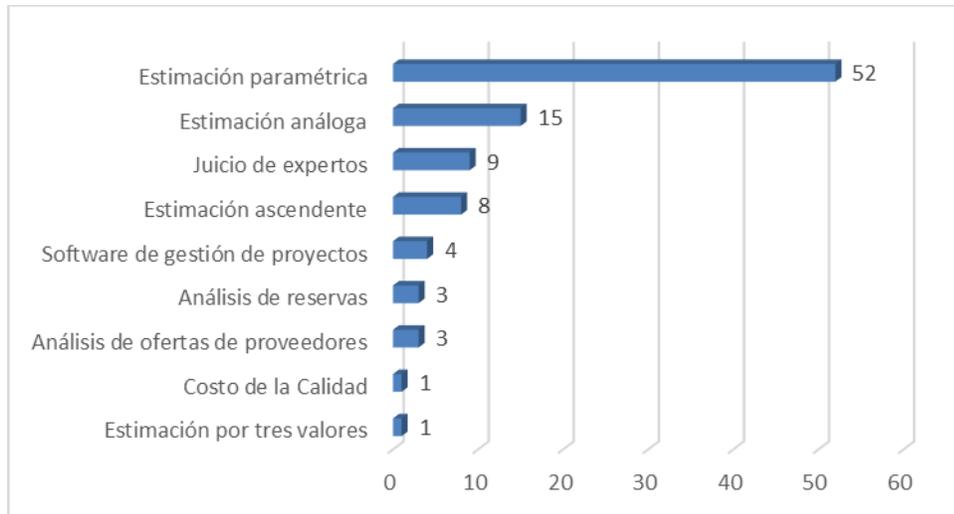


Gráfico 3: Categorización general de las publicaciones por método de costeo.  
Fuente: Los Autores, 2015.

Así mismo, los artículos se clasificaron como:

- Modelo Simple: Corresponde a artículos que referencian el uso de solo un método de estimación. Durante la revisión se identificaron 55.
- Modelo Híbrido: Corresponde a artículos que referencian la combinación de varios métodos al tiempo con la finalidad de obtener mejores estimaciones, en el cual por ejemplo la estimación análoga, se vincula con técnicas computacionales (Raphael et al., 2007). Durante la revisión se identificaron 25 artículos que utilizan 2 métodos al tiempo y 3 que trabajan 3 métodos.

La Tabla 11 muestra el detalle de la clasificación por cada artículo respecto al tipo de método de costeo estudiado en el mismo.

Tabla 11: Clasificación del tipo de método de costeo por artículo.  
Fuente: Los Autores, 2015.

ARTICULO	MÉTODO(S) ESTUDIADOS O APLICADAS
(Rajkumar Roy et al., 2005)	Estimación Paramétrica, Juicio de expertos
(Dillibabu & Krishnaiah, 2005a)	Estimación Paramétrica

<b>ARTICULO</b>	<b>MÉTODO(S) ESTUDIADOS O APLICADAS</b>
(Yang, 2005)	Estimación Paramétrica
(Mendes et al., 2005)	Estimación Análoga
(Cuadrado-Gallego et al., 2006)	Estimación Paramétrica
(Magnussen & Olsson, 2006)	No Aplica
(Lowe, Emsley, & Harding, 2006)	Estimación Paramétrica
(J.-S. Chou & O'Connor, 2007)	Estimación Paramétrica, Software de gestión de proyectos
(Engel & Last, 2007)	Estimación Paramétrica
(Raphael, Domer, Saitta, & Smith, 2007)	Estimación Análoga
(Jadid & Idrees, 2007b)	Estimación Paramétrica, Estimación ascendente
(Jeong, Lee, Jung, & Lee, 2007)	Estimación ascendente
(Huang, Ho, Ren, & Capretz, 2007)	Estimación Paramétrica
(H. S. Wang, 2007)	Estimación Paramétrica
(Marbán et al., 2008)	Estimación Paramétrica
(Rummer, 2008)	Juicio de expertos
(Miranda & Abran, 2008)	Análisis de reservas
(Bibi, Stamelos, & Angelis, 2008)	No Aplica
(Aroba, Cuadrado-Gallego, Sicilia, Ramos, & García-Barriocanal, 2008)	Estimación Paramétrica
(Caputo & Pelagagge, 2008a)	Estimación Paramétrica
(Low et al., 2008)	Juicio de expertos, Estimación Paramétrica
(Wuliang & Chengen, 2009)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Berlin et al., 2009)	Estimación Paramétrica
(J.-S. Chou, 2009b)	Estimación Análoga
(J.-S. Chou, 2009a)	Estimación Paramétrica
(Li, Xie, & Goh, 2009)	Estimación Análoga
(J. S. Chou et al., 2009)	Estimación Paramétrica
(Tosun, Turhan, & Bener, 2009a)	Estimación Análoga
(Amigun & von Blottnitz, 2009)	Estimación Paramétrica, Estimación ascendente
(Duran, Rodriguez, & Consalter, 2009)	Estimación Paramétrica
(Cheng, Peng, Wu, & Chen, 2010)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Deng & Yeh, 2010a)	Estimación Paramétrica
(Cheng, Tsai, et al., 2010)	Estimación Paramétrica
(J.-S. Chou et al., 2010)	Estimación Paramétrica
(Hallahan & Peha, 2010)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Aggidis et al., 2010)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga, Estimación ascendente
(Magazinius, Pernstål, & Öhman, 2010)	Juicio de expertos, Estimación análoga
(Che, 2010)	Estimación Paramétrica
(Idrus, Nuruddin, & Rohman, 2011)	Análisis de reservas
(Marzouk & Ahmed, 2011)	Estimación Paramétrica
(R. Roy et al., 2011)	Estimación Ascendente
(J.-S. Chou, 2011)	Estimación Paramétrica
(Deng & Yeh, 2011)	Estimación Paramétrica

<b>ARTICULO</b>	<b>MÉTODO(S) ESTUDIADOS O APLICADAS</b>
(Qin & Fang, 2011)	Estimación Paramétrica
(Khadtare & Smith, 2011)	Estimación Paramétrica
(Kazemifard, Zaeri, Ghasem-Aghaee, Nematbakhsh, & Mardukhi, 2011)	Estimación Paramétrica, Software de gestión de proyectos
(Gu, Geng, Xu, & Zhu, 2011)	Estimación Paramétrica
(J. S. Chou et al., 2011)	Estimación Paramétrica
(Y.-R. Wang et al., 2012)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(W. C. Wang, Wang, Tsui, & Hsu, 2012)	Análisis de ofertas de proveedores, Estimación Paramétrica
(Kim et al., 2012)	Estimación Paramétrica, Juicio de expertos
(Tawfek et al., 2012)	Costo de la Calidad
(Trivailo et al., 2012)	Estimación Análoga, Estimación Paramétrica, Juicio de expertos
(Caron, Ruggeri, & Merli, 2013)	Estimación Paramétrica
(Chan, Lam, Chan, Ma, & Perkin, 2012)	Análisis de ofertas de proveedores
(Khalifelu & Gharehchopogh, 2012)	Estimación Paramétrica
(Yazicioglu, 2012)	Estimación Paramétrica
(Simperl et al., 2012)	Estimación Análoga, Estimación Paramétrica
(Bari, Yusuff, Ismail, Jaapar, & Ahmad, 2012)	Juicio de expertos, Estimación Paramétrica
(Araújo, Soares, & Oliveira, 2012)	Estimación Paramétrica, Software de gestión de proyectos
(Ditsuwan, Liabsuetrakul, Ditsuwan, & Thammapalo, 2012)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Uzzafer, 2013)	Análisis de reservas, Estimación ascendente
(Czarnigowska & Sobotka, 2013)	Estimación Paramétrica
(Paraskevopoulou & Benardos, 2013)	Estimación Análoga
(Harris et al., 2013)	Estimación Análoga
(Ma, Wei, & Zhang, 2013)	Estimación Paramétrica
(Xenidis & Stavrakas, 2013)	Estimación Paramétrica, Estimación ascendente
(Rostami, Sepehrmanesh, Gharahbagh, & Mojtabai, 2013)	Estimación Paramétrica
(Ishii, Takano, & Muraki, 2014)	Análisis de ofertas de proveedores, Estimación Paramétrica
(Tsai, Yang, Chang, & Lee, 2014)	Estimación Paramétrica, Estimación ascendente
(Khodakarami & Abdi, 2014)	Estimación por tres valores, Juicio de expertos
(Kumar & Srivastava, 2014)	Estimación Paramétrica
(Makovšek, 2014)	Estimación ascendente
(Heller, Löwer, & Feldhusen, 2014)	Estimación Paramétrica
(Ahn et al., 2014)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Johansen, Sandvin, Torp, & Økland, 2014)	Juicio de expertos
(Markiz & Jrade, 2014)	Estimación Paramétrica, Software de gestión de proyectos
(Mittas et al., 2015)	Estimación Paramétrica, Estimación análoga
(Madsen et al., 2014)	Estimación ascendente
(Olawale & Sun, 2014)	Juicio de expertos, Estimación ascendente,

ARTICULO	MÉTODO(S) ESTUDIADOS O APLICADAS
	Estimación análoga
(Mawlana & Hammad, 2015)	Análisis de reservas
(Wallshein & Loerch, 2015)	Estimación Paramétrica
(Niknam & Karshenas, 2015)	Estimación Análoga

Para los modelos híbridos en los cuales se presenta una combinación de métodos para realizar la estimación de costos, es importante resaltar que cada método, se emplea en una fase del ciclo, en la cual el resultado de un modelo sirve de datos de entrada para el siguiente modelo.

Para las combinaciones identificadas, la técnica presente en todos los modelos híbridos es la Estimación Paramétrica, la cual se apoya de otras técnicas de costeo, esta combinación depende específicamente de la metodología propuesta en el artículo; en el caso que se ha presentado la integración de 3 métodos, el común denominador, además de la Estimación Paramétrica es la Estimación análoga, combinada con Juicio Experto ó Estimación Ascendente.

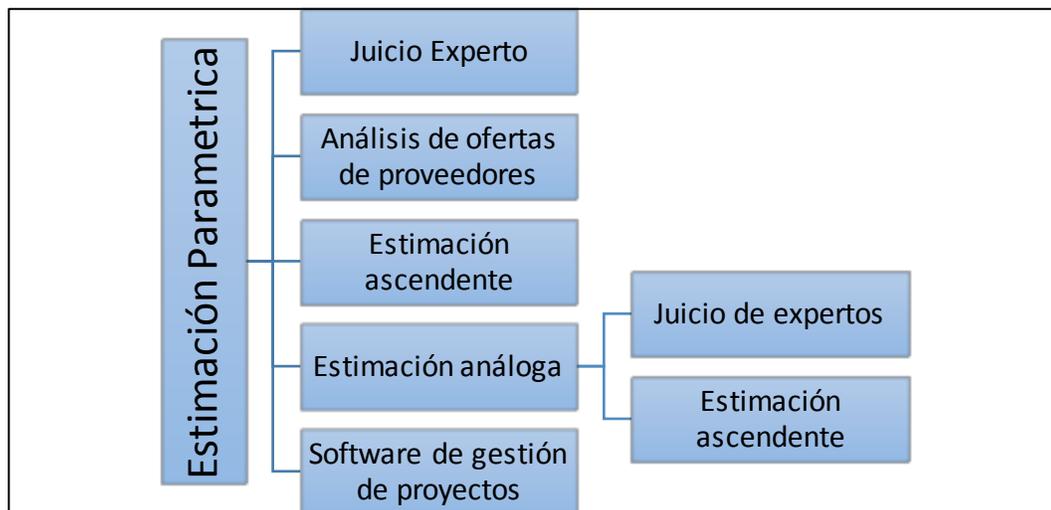


Ilustración 5: Técnicas Híbridas.  
Fuente: Los Autores, 2015.

### V.3.7 Sectores de aplicación de las técnicas de costeo

La revisión de los artículos, permitió identificar que en general los modelos de estimación de costos propuestos por los investigadores, se enfocaban en solucionar la

problemática para un sector específico, como se evidencia en el Gráfico 4, solo 5 artículos no mostraban un énfasis en algún sector en particular.

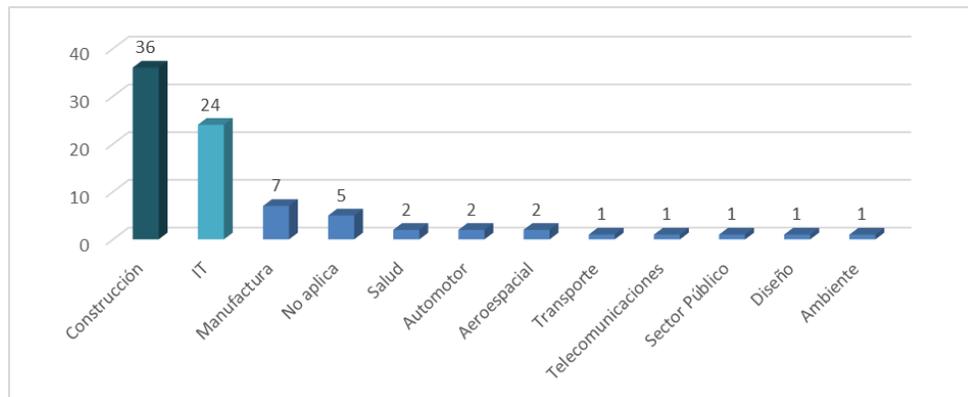


Gráfico 4: Sectores de aplicación de los modelos de estimación de costos.  
Fuente: Los Autores, 2015.

Existen 36 artículos dedicados a proponer modelos para generar estimaciones de costos para proyectos del sector de la construcción, tales como la creación de edificaciones y vías.

El proceso de estimación de costos de construcción es uno de los procesos que requiere la información de varias fuentes, dada la intervención de contratistas, diseñadores, proveedores de material entre otros, así mismo el proceso de estimación normalmente se enfoca en identificar los costos unitarios de los diferentes recursos, material equipo y labor

(Niknam & Karshenas, 2015) proponen un modelo de información que permita mantener actualizada la base de datos de costos de estos recursos, denominado Building Information Model (BIM), a través de ontologías.

Otro de los grandes sectores de estudio, es el de Tecnologías de la Información, específicamente aquellas actividades relacionadas con el costeo de proyectos de desarrollo de software. La estimación de costos en ingeniería de software se define como el proceso de predecir la cantidad de esfuerzo requerido para finalizar un artefacto de software. Típicamente, la estimación involucra la medición inicial de los atributos de proyectos y la aplicación de algún método para la generación de la estimación. Desde 1966, varias técnicas se han propuesto para predecir el costo de desarrollo de software.

(Bibi et al., 2008), afirman que el juicio experto es la técnica más utilizada, dado su bajo costo, fácil aplicación y fiabilidad basada en la validez del estimador. Sin embargo, temas como el número óptimo de expertos, su validez (sesgo) y su baja intercorrelación pueden afectar la precisión de la estimación final. No obstante existen otros métodos,

tales como COCOMO y Puntos de Función, los cuales al basarse en supuestos subjetivos no pueden generalizarse a todas las situaciones.

Mientras que (J. S. Chou et al., 2009) indica que la Inteligencia Artificial ha sido extensamente aplicada a disciplinas de la industria de la construcción.

### **V.3.8 Técnicas de costeo específicas**

Para cada artículo referenciado en la Tabla 11, se dio revisión detallada con el fin de identificar los métodos específicos con los cuales los autores formularon el proceso de costeo (Ver Anexos).

En los cuales se identificaron 60 Métodos Específicos, ver ilustración 5, de los cuales los primeros 8 métodos presentan la mayor frecuencia de uso en la revisión bibliográfica. Resaltando el hecho que estos modelos, son usados en una combinación de técnicas, las cuales son estructuradas como un conjunto de pasos, en el cual una técnica sirve de información de insumo a otra técnica, de los 83 artículos estudiados el 28,9% emplea al menos 2 técnicas específicas, el 10,8% emplea más de dos técnicas y el restante 54,2% la estimación de costos es realizada empleando una técnica específica de costeo, al realizar el análisis histórico tenemos que entre el periodo 2005 -2009, el empleo de uso de una técnica de costeo se encuentra en promedio por encima del 70%, a partir del año 2010, se evidencia el uso de modelos híbridos, para realizar la estimación de costo, pasando de un escaso 30% promedio a un incremento que llega hasta el 62% en los años 2010 y ‘2014. Como métodos para realizar la estimación de costos, con un énfasis marcado en el uso de Redes Neuronales Artificiales (Huang et al., 2007) (Deng & Yeh, 2010b) (J.-S. Chou et al., 2010) (Che, 2010) (Mittas et al., 2015).

Seguidos de enfoque de inteligencia artificial Como lo indica (Cheng, Tsai, et al., 2010) es aplicable a los problemas de costeo relacionados con sistemas expertos, razonamiento basado en casos, redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos y sus derivados, por tanto, no sorprende que el top de técnicas referenciadas en los artículos revisados corresponden a este tipo.

El 29% de los artículos referencian, modelos híbridos, en los cuales se mezclan 2 técnicas distintas, entre ellas se destaca el Case Based Reasoning o razonamiento basado en casos, en particular la investigación desarrollada por (Raphael et al., 2007), expone tres sistemas de este tipo desarrollados durante siete años con la participación de dos socios del sector industrial de la construcción, lo que permite identificar un enfoque totalmente funcional de este método.

Enfocados en el proyectos de desarrollo de software, (Bibi et al., 2008), proponen un modelo híbrido que combina las Reglas de Asociación (AR) con los árboles de clasificación y regresión (CART). Mientras que (Tosun, Turhan, & Bener, 2009b), proponen un modelo basado en estimación análoga, combinado con la estadística lineal y el aprendizaje computacional, cuya conclusión es que a medida que el número de proyectos aumenta, el algoritmo aprende más y mejora su estimación.

(Khalifelu & Gharehchopogh, 2012), no desarrollan un modelo como tal, sin embargo realizan un análisis de diferentes modelos basados en técnicas de minería de datos para la estimación de los costos de software, en este documento se evalúa la eficiencia de los mismos, llegando a la conclusión que las técnicas basadas en Inteligencia Artificial tienen más velocidad y precisión en el proceso de estimación de costos de software que lo modelos algorítmicos especializados como COCOMO. Así mismo indica que técnicas como la Redes Neuronales Artificiales y las máquinas de vectores de soporte para regresión, ofrecen mejores respuestas en comparación con otras técnicas.

Metodos de Estimación de Costos	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Redes Neuronales Artificiales			2	1	2	4	1	3		1		14
Modelos de Regresión Lineal	1	1			3	1		2	2	1		11
Support Vector Machine						3	2	2		1		8
Case Based Reasoning (CBR)			1		2	1	1		1	2		8
Lógica Difusa			2	1		1	1			2		7
Simulación Monte Carlo			1	1	1		1	1				5
Simulación	1		1						1	1	1	5
Algoritmo Genético					2	1	1					4
COCOMO			1				1	1				3
Formula empírica						1	1					2
No especifica				1				1				2
COCOMO II	1						1					2
Promedios Históricos						1			1			2
Estimación basada en lista de costos									1	1		2
Análisis de la incertidumbre probabilistic cost sub-model		1						1		1		2
BIM											1	1
Modelo Bayesiano								1				1
Estimación Fractal							1					1
Entrevistas Guiadas										1		1
Estimación Parametrica								1				1
MGA								1				1
Experiencia											1	1
Modelo Matematico propuesto									1			1
Factor de costo unitario			1									1
Modelos Heuristico de asignación de peso.					1							1
COSYSMO							1					1
Optimización por enjambre de partículas						1						1
Gestión de la reserva		1										1
RDBMS			1									1
Guaranteed Maximum Price								1				1
Minería de datos								1				1
historical data-based estimates for work packages								1				1
DMCoMo				1								1
HPCA							1					1
Modelo Programación Entera										1		1
Hybrid Meta-Heuristic										1		1
Algoritmo de Agrupamiento		1										1
ICPES										1		1
multi-factor evaluation sub-model								1				1
relaciones de estimación de costos											1	1
ONTOCOM								1				1
Redes Bayesianas										1		1
Parametric Estimation										1		1
árboles de clasificación y regresión (CART)				1								1
Estimación Analoga										1		1
Basadas en Tecnicas y Experiencia											1	1
Costos ABC										1		1
Método de Lang					1							1
Basado En Calculos											1	1
Reglas de asociación (AR)				1								1
Análisis Factorial						1						1
Tormenta de Ideas										1		1
Life cycle Assessment Data										1		1
SPARQL											1	1
MRL								1				1
Target Cost Contracts								1				1
MAIMS							1					1
Análisis multivariial									1			1
MCDM											1	1

Ilustración 6: Técnicas específicas empleadas para la estimación de costos.

Fuente: Los Autores, 2015.

Teniendo en cuenta la diversidad de métodos utilizados para el proceso de estimación en, a continuación se presenta la descripción de los principales:

### V.3.8.1 Redes Neuronales Artificiales

La técnica más utilizada en las investigaciones de estimación de costos son las Redes Neuronales Artificiales. Fueron denominadas en 1989 como las herramientas universales de regresión (Hornik, Stinchcombe, & White, 1989) Una red neuronal artificial es un sistema que busca imitar el cerebro humano transformando entradas en una serie de salidas a través de un conjunto de neuronas. (Duran et al., 2009). Es una de las técnicas más utilizadas debido a su capacidad para clasificar, resumir y extrapolar bancos de datos. Está compuesta por una serie de interconexiones ponderadas.

La evolución de las redes data desde el año 1943 cuando el neurofisiólogo Warren McCulloch y el matemático Walter Pitts unían esfuerzos y plantean una teoría sobre el funcionamiento de las neuronas en el cerebro. Es en este momento en que se construye la primera red neuronal. Sus investigaciones darían pie para que en 1957 Frank Rosenblatt hablara por primera vez del perceptrón un algoritmo capaz de generar un criterio para seleccionar un sub-grupo, de un grupo de componentes más grande. Sin embargo debido a su incapacidad para resolver problemas lineales simples, no es sino hasta 1982 cuando John Hopfield describe mediante un tratamiento matemático la Red Neuronal de Hopfield que resolvía los problemas de las redes anteriores y daría paso a nuevas aplicaciones y crecimiento de la utilización de las redes neuronales para resolución de problemas en diferentes disciplinas científicas. (Pintado Blanco, 2008)

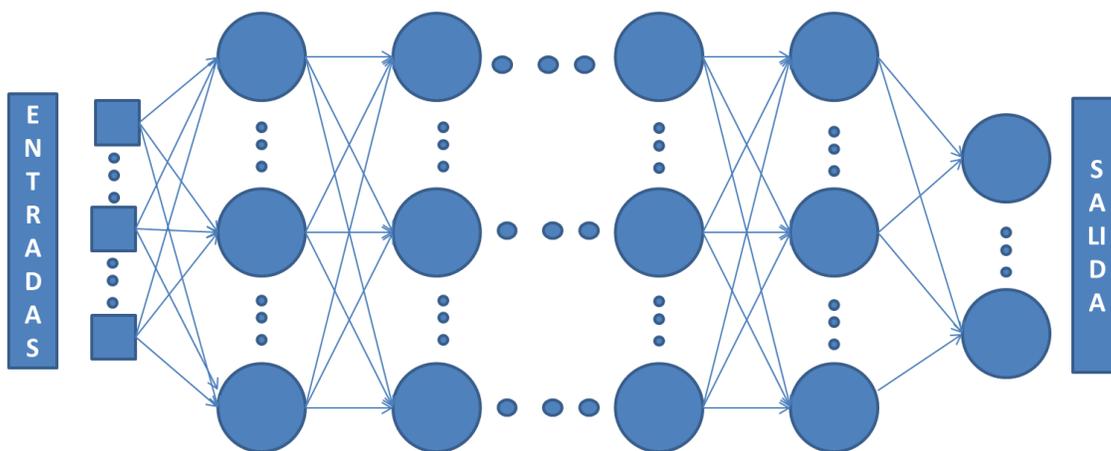


Ilustración 7: Modelo de Red Neuronal Artificial.

Las redes neuronales artificiales se caracterizan por:

- **Aprendizaje:** Al igual que el cerebro las redes neuronales aprenden a través de la experiencia, dicha experiencia se almacena en el peso relativo de las conexiones interneuronales. Es por ello que en los modelos de redes neuronales siempre se encontrará una etapa denominada etapa de aprendizaje o de entrenamiento.
- **Adaptabilidad:** Son capaces de cambiar dinámicamente junto con el medio.
- **Alto Nivel De Tolerancia A Fallas** pueden sufrir un daño considerable y continuar teniendo un buen comportamiento.
- **Pueden tener comportamiento altamente no-lineal**, lo que les permite procesar información procedente de otros fenómenos no-lineales.(Izaurieta & Saavedra, 1999)

Las redes neuronales se van alimentando de ejemplos que se utilizan como guía para la creación del modelo, este “entrenamiento” les permite aprender las relaciones que existen en la estructura subyacente. Una de las grandes ventajas de las redes neuronales, es su capacidad para detectar relaciones funcionales ocultas entre características del producto y el costo, relaciones que no son fácilmente deducibles por el ingeniero de costos o la persona que lleva a cabo dicha actividad (Bode, 2000). Esto la constituye en una herramienta potente en las fases iniciales del proyecto.

Según (Duran et al., 2009), el desempeño de la estimación de costos a través de esta técnica alcanza menores niveles de desviación en comparación con los modelos tradicionales de estimación como la regresión lineal y no lineal paramétrica.

Los siguientes pasos son los que nos dan una visión general de este proceso (J. S. Chou, Tai, & Chang, 2010):

1. Entrenamiento. Se genera una red neuronal a partir de un conjunto de datos definidos en donde se encuentren los casos con sus respectivos valores de salida.
2. Preparación de la información. Definición de los conjuntos de datos.
3. Entrenamiento. Se genera una red neuronal a partir de un conjunto de datos definidos en donde se encuentren los casos con sus respectivos valores de salida. Los datos de los cuales se alimentará la red neural pueden provenir de estudios anteriores como nos lo muestra (Duran, Rodriguez, & Consalter, 2009), de datos históricos del sector como lo hace (Caputo & Pelagagge, 2008) o de proyectos anteriores como (Chou, Tai, & Chang, 2010).
4. Testeo. Un subgrupo de los datos histórico es reservado para la fase de pruebas, observar el comportamiento de la red y ver que tan bien predice el valor de un costo conocido.
5. Predicción. Una vez entrenada y testeada la red neuronal puede ser usada para predecir salidas del Sistema

En la Ilustración 8 e Ilustración 9 se puede visualizar el proceso de entrenamiento y de una red neuronal:

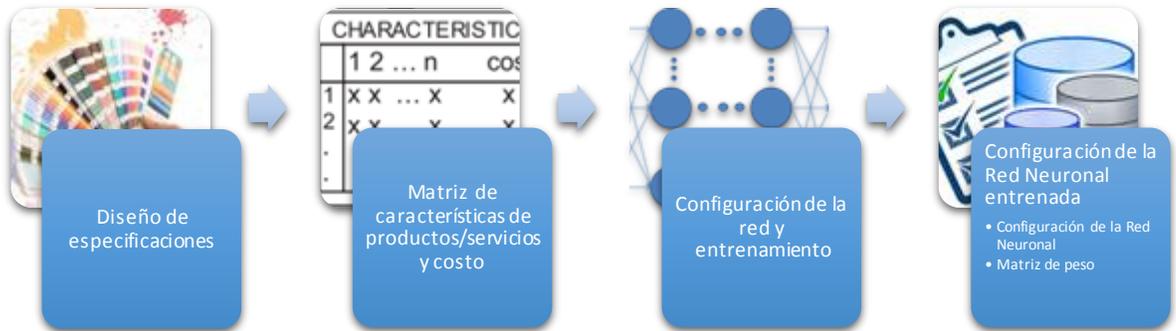


Ilustración 8: Fase de entrenamiento de una Red Neuronal

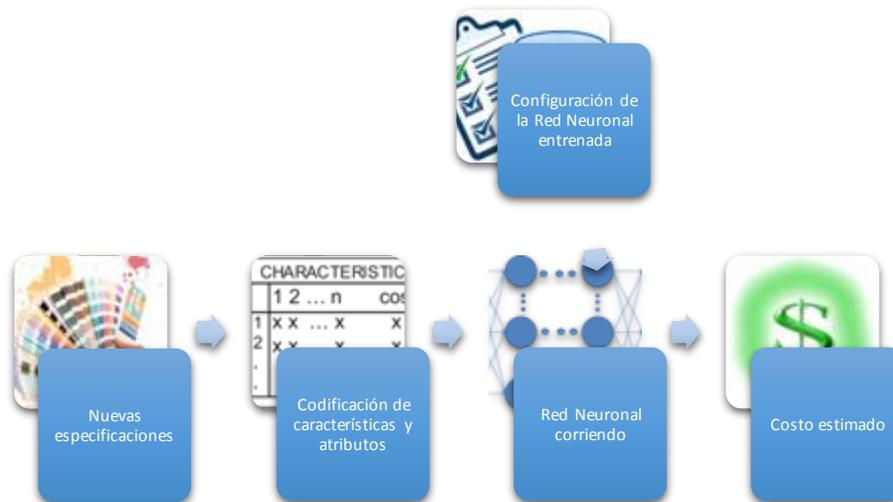


Ilustración 9: Fase de corrida de una Red Neuronal.

Fuente: (Caputo & Pelagage, 2008b)

### V.3.8.2 COCOMO I y COCOMO II

El modelo COCOMO es una técnica de costeo utilizada ampliamente en el área de desarrollo de software, se fundamenta en la predicción del esfuerzo y cronograma y el costo de un Proyecto. (Sommerville & Alfonso Galipienso, 2005). Es un modelo empírico desarrollado por Barry Bohem autoridad líder en el desarrollo de software.

Es un modelo empírico basado en la recopilación de información de una gran cantidad de proyectos de Software, utilizó más de 100 personas-años de experiencia en software de estimación de costos para calibrar y validar los datos de costos software de adaptación tanto a la opinión de expertos y 161 puntos en concreto de datos de los proyectos. Estos datos se analizaron y se estableció una fórmula para relacionar el tamaño y otros factores del Proyecto para hallar el esfuerzo y necesario y por ende el costo del Proyecto.

COCOMO divide los proyectos en tres tipos a los cuáles les asigna una fórmula que los relaciona estrechamente con su complejidad. Los parámetros de dichas fórmulas son:

$$E = a_b(KLOC)$$

$$D = c_b(E)$$

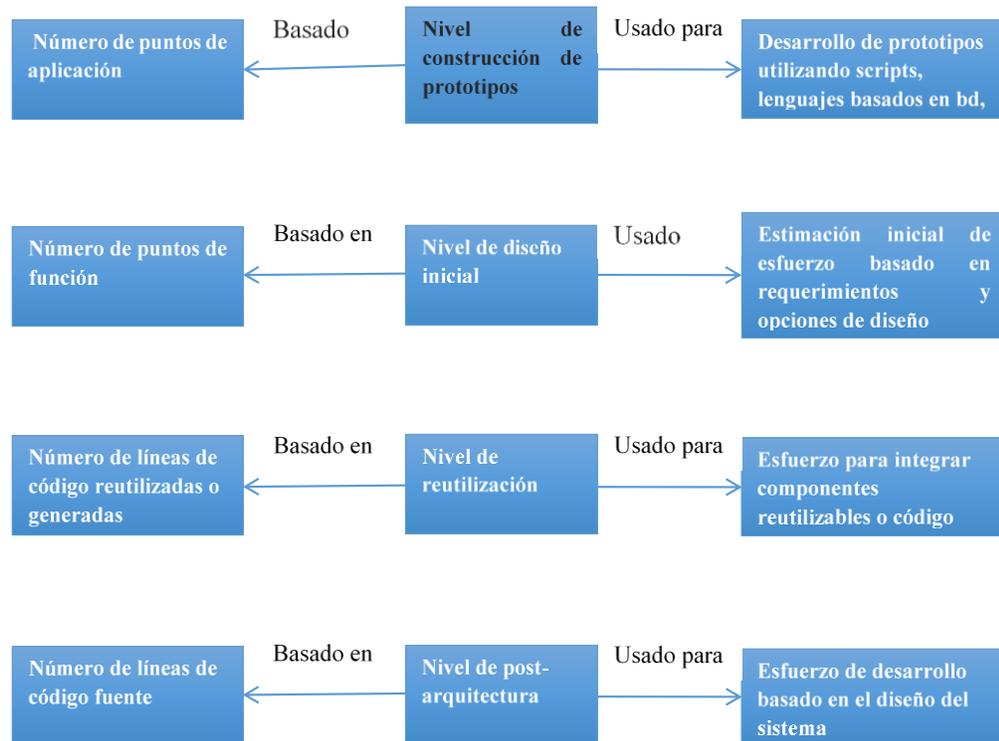
$$P = \frac{E}{D}$$

En donde  $E$  es el esfuerzo definido en personas por mes.  $D$  es el tiempo de desarrollo en meses cronológicos KLOC, es la cantidad de líneas de código definido en miles, y  $P$  es la cantidad de personas requeridas (Ganesh, 2013):

Tabla 12: tipos de proyectos según COCOMO.  
Fuente: (Ganesh, 2013)

COMPLEJIDAD DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA ESFUERZO
<b>Simple</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones bien entendidas y desarrolladas por equipos pequeños</li> <li>• Proyectos relativamente pequeños de software</li> <li>• Equipos bien entrenados con experiencia de trabajo</li> <li>• Proyecto similar a alguno previamente trabajado</li> <li>• Requiere poca innovación</li> <li>• Requerimientos rígidos</li> </ul>	$PM = 2,4(KLOC)^{1,05} \times M$
<b>Moderado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos más complejos en donde los miembros del equipo tienen experiencia limitada con estos tipos de sistemas.</li> <li>• Requerimientos</li> </ul>	$PM = 3(KLOC)^{1,12} \times M$
<b>Complejo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos complejos en donde el software es un producto complejo de hardware, software y reglas y procedimientos.</li> </ul>	$PM = 3.6(KLOC)^{1,25} \times M$

Sin embargo el modelo COCOMO presentaba dificultades en la estimación de costos de software desarrollado cuándo se integraba a los nuevos ciclos de vida y capacidades. Estas dificultades llevaron a la evolución del modelo. Quién abanderó dicha corriente fue la Universidad del Sur de California en 1994. Este modelo reconoce que es imposible conocer la cantidad de líneas de código en la fase inicial del Proyecto y divide el Proyecto en cuatro fases que darán luces de este valor.



*Ilustración 10: Niveles COMOMO II.*  
 Fuente: (Sommerville & Alfonso Galipienso, 2005)

**Fase 1.** En esta fase se construyen prototipos para resolver problemas de alto riesgo que involucren interfaces, interacciones, desempeño o madurez técnica del Proyecto. Esta etapa brinda información acerca del tamaño en términos alto nivel de esfuerzo, genera el número de tablas del servidor, el número de tablas del cliente, y el porcentaje de pantallazos y reportes que podrán ser usados de proyectos anteriores. Esta etapa está basada en puntos de aplicación.

**Fase 2.** En la fase 2 establecen Puntos de Funciones como una medida de tamaño. Los Puntos de Funciones estiman la funcionalidad basado en los requerimientos, lo que ofrece una descripción mayor que la obtenida en la fase 1.

**Fase 3.** El desarrollo del proyecto está en curso y da más información que permite determinar el tamaño en cuanto a líneas del proyecto y factores de costeo. Se calcula el esfuerzo requerido para integrar elementos reutilizables y/o código que es generado de manera automáticamente por otras aplicaciones (Dillibabu & Krishnaiah, 2005b)

**Fase 4.** Después de diseñar el sistema, se hace una estimación más precisa del tamaño del software. Se utilizan 17 multiplicadores que reflejan habilidades de la persona y características de producto y del proyecto

Tabla 13: Multiplicadores utilizados en COCOMO II.

Atributo	Tipo	Descripción
<b>RELY</b>	Producto	Fiabilidad requerida del sistema
<b>CPLX</b>	Producto	Complejidad de los módulos del sistema
<b>DOCU</b>	Producto	Amplitud de la documentación requerida
<b>DATA</b>	Producto	Tamaño de la base de datos utilizada
<b>RUSA</b>	Producto	Porcentaje de los componentes reutilizables requeridos
<b>TIME</b>	Computadora	Restricciones de tiempo de ejecución
<b>PVOL</b>	Computadora	Volatilidad de la plataforma de desarrollo
<b>STOR</b>	Computadora	Restricciones de Memoria
<b>ACAP</b>	Personal	Capacidad de los analistas
<b>PCON</b>	Personal	Continuidad del personal
<b>PCAP</b>	Personal	Capacidad de los programadores
<b>PEXP</b>	Personal	Experiencia de los programadores en el dominio de la aplicación
<b>AEXP</b>	Personal	Experiencia de los analistas en el dominio de la aplicación
<b>LTEX</b>	Personal	Experiencia en el lenguaje y las herramientas de desarrollo
<b>TOOL</b>	Proyecto	Utilización de las herramientas de software
<b>SCED</b>	Proyecto	Comprensión de los tiempos de desarrollo
<b>SCED</b>	Proyecto	Ámbito de los distintos lugares de trabajo y sus comunicaciones

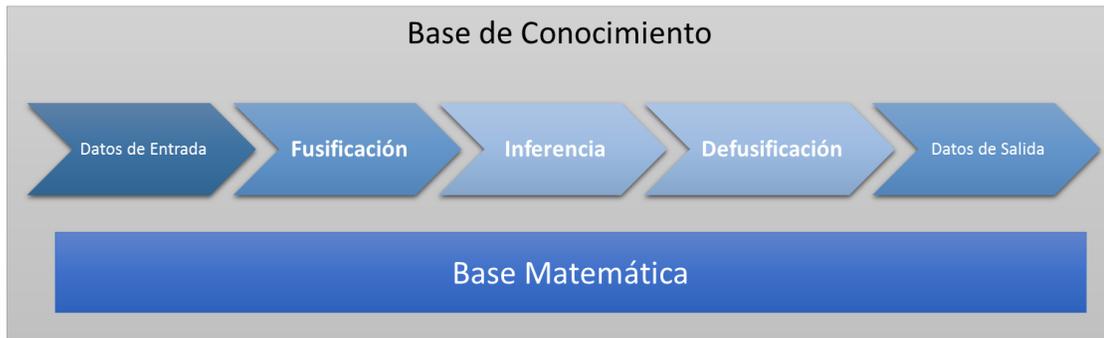
### V.3.8.3 Lógica difusa

La lógica difusa es una variable de la lógica clásica, busca explicar modelos complejos que no cuenta con información exacta para ser evaluada de la forma convencional. Es útil en aquellos casos en donde no exista un modelo matemático preciso o una solución a un simple ha dicho problema. Dentro de las principales ventajas de este método se lista la naturalidad en que el ser humano interpreta los valores lingüísticos.

La lógica difusa fue planteada por primera vez por (Zadeh, 1965) como una herramienta para describir la imprecisión y la incertidumbre. En su libro describe los conjuntos difusos, a diferencia de los conjuntos clásicos, en los cuáles la función de pertenencia es una variable de tipo booleano (0,1) es decir el elemento pertenece o no pertenece al conjunto, en los conjunto difusos esta función de pertenencia no es sino que tiene un valor entre 0 y 1 y la transición entre uno u otro es gradual y no cambia de manera instantánea como en los modelos clásicos. Entre más se acerca la función de pertenencia a 1 más será la pertenencia del elemento  $x$  al conjunto. Esta función de pertenencia es comúnmente asociada a una función de distribución Gaussiana o triangular para simplificar su tratamiento matemático (Ramírez Ramos, 2008).

(Kazemifard et al., 2011) definen los elementos con los cuáles debe contar un sistema difuso:

- Proceso de fusificación: Busca convertir datos reales en datos difusos. Se asignan grados de pertenencia a las variables de entrada.
- Base de conocimiento: Es el conjunto de reglas de control necesarias para lograr un objetivo. Por lo general la base de conocimiento es expresada como un número de reglas “SI... ENTONCES” que determinarán la manera en debe actuar el sistema.
- Mecanismo de inferencia difusa: Convierte entradas difusas en salidas difusas usando las operaciones lógicas definidas en la base de conocimiento.
- Proceso de defusificación: Convierte los valores difusos en valores reales que se utilizarán en el proceso de control y ser usados en la práctica



*Ilustración 11: Ilustración de un sistema difuso.  
Fuente: (Ramírez Ramos, 2008)*

Múltiples autores reconocen su potencialidad al crear híbridos entre esta técnica y otras que reducen su nivel de incertidumbre (Cheng, Tsai, et al., 2010) proponen un modelo híbrido para la estimación de costos en la construcción, creando lo que llamarían fuzzy hybrid neural network (FHNN). Así mismo usan un algoritmo genético para optimizar la solución. (Engel & Last, 2007) proponen una metodología para manejar la incertidumbre a lo largo del ciclo de vida de los costos.

#### **V.3.8.4 Razonamiento basado en casos**

Es una técnica basada en algoritmos que busca dar solución a problemas a través del análisis de problemas similares que se han resuelto anteriormente a partir de criterios o características relevantes. Esta técnica es utilizada en diferentes áreas y pretende simular la toma de decisiones a partir de la acumulación de casos (experiencias) para entregar la

solución más acertada posible a un problema. Esta técnica se apoya ampliamente en algoritmos de toma de decisiones como los arboles de decisión.

A nivel mundial se han desarrollado varios sistemas de razonamiento basados en casos, el primero de ellos desarrollado por Janet Kolodner en 1983, en la Universidad de Yale. Más adelante se desarrollaron otros como MEDIADOR (Simpson, 1985), PERSUADER (Sycara, 1988), CHEF (Hammond, 1989), JULIA (Hinrichs, 1992) o CREEK (Aamodt, 1991).

A través de este método un nuevo problema se compara con una lista de casos (memoria de casos) almacenados previamente para encontrar un problema parecido y evaluar la posibilidad de utilizar una solución anterior para el problema en estudio. Una vez obtenido el listado de posibles soluciones, se debe evaluar la manera de aplicarlas al problema actual.

En general la técnica se ejecuta a través de 4 pasos (Ilustración 12):

- Recordar o recuperar: Recuperar los casos similares al problema inicial encontrado. Esto implica sacar de la base aquellos casos o experiencias anteriores similares al problema y clasificarlos de acuerdo a las características o factores relevantes.
- Reutilizar: Reutilizar una solución dada para solucionar el problema actual.
- Revisar: Revisar la solución propuesta.
- Retener o almacenar: Guardar la solución útil que sirva como ejemplo para futuro ejemplo o caso para resolver problemas futuros.

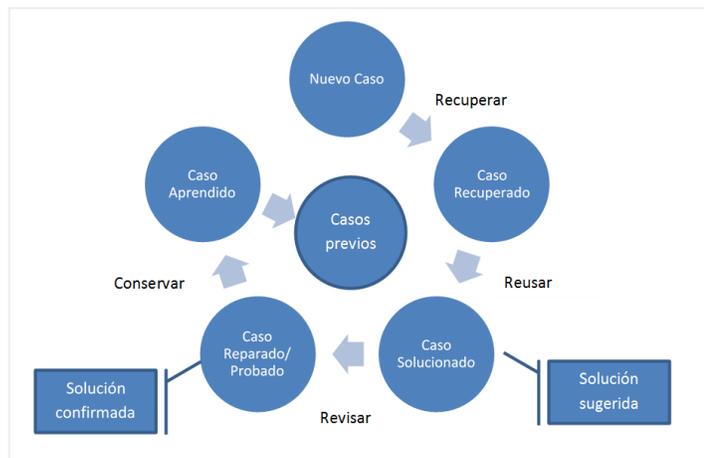


Ilustración 12: Ciclo del razonamiento basado en casos.  
Fuente: (Kazemifard et al., 2011)

De acuerdo a (Kazemifard et al., 2011) algunas de las ventajas de aplicar el RBC son:

- Refleja el mismo comportamiento que un experto (humano) al realizar estimaciones.
- Puede manejar tanto datos cuantitativos como cualitativos.
- Puede utilizar una solución existente y adaptarla a la situación actual.
- Son de rápida implementación.
- Son simples y flexibles en comparación con modelos algorítmicos.
- Para ampliar la base de conocimiento del RBC, solo se deben añadir nuevos casos en el sistema.
- Puede apoyar eficazmente el proceso de estimación de costos, almacenando casos del pasado y recuperando casos similares que pueden servir de base para el nuevo proyecto.
- Se aprovechan los conocimientos de los expertos.

Para la aplicación específica en proyectos, la metodología implica la caracterización del proyecto, incluyendo variables cuantitativas y cualitativas, que permitan encontrar fácilmente coincidencias entre los proyectos y minimizar el esfuerzo de la estimación. Dentro de la revisión bibliográfica, se puede observar que su uso se inclina hacia aquellos casos en los que la información para la estimación carece de precisión, o cuando no existe relación lineal entre el costo y los diferentes factores que influyen en su estimación.

Así mismo, el reto de esta técnica se encuentra en la construcción de sistemas inteligentes que permitan utilizar la experiencia previa como base de decisión.

#### ***V.3.8.5 Algoritmos Genéticos***

Los algoritmos genéticos es un método heurístico, estocástico de optimización multi-objetivo cuyo mecanismo está basado en las simplificaciones hechas por los procesos evolutivos observados en la naturaleza. En los algoritmos genéticos las posibles soluciones a un problema son representadas como poblaciones de cromosomas y cada cromosoma es una posible solución. El número de cromosomas en una población será entonces el tamaño de la población. Los cromosomas evolucionan a través iteraciones, que se denominarán generaciones. Los cromosomas descendientes son producto de la unión de dos cromosomas usando un operador de cruce y un operador de mutación.

Durante cada generación, la conveniencia de cada operador es determinada evaluando su aptitud con respecto funciones de aptitud. Los cromosomas más aptos son los que más probabilidades de sobrevivencia tendrán en la siguiente generación. Los

cromosomas finales, que representarán la solución óptima o más cercana al óptimo serán encontrados tras el paso de varias generaciones. (Long & Ohsato, 2009). En la figura se puede apreciar el diagrama de flujo de un algoritmo genético simple.

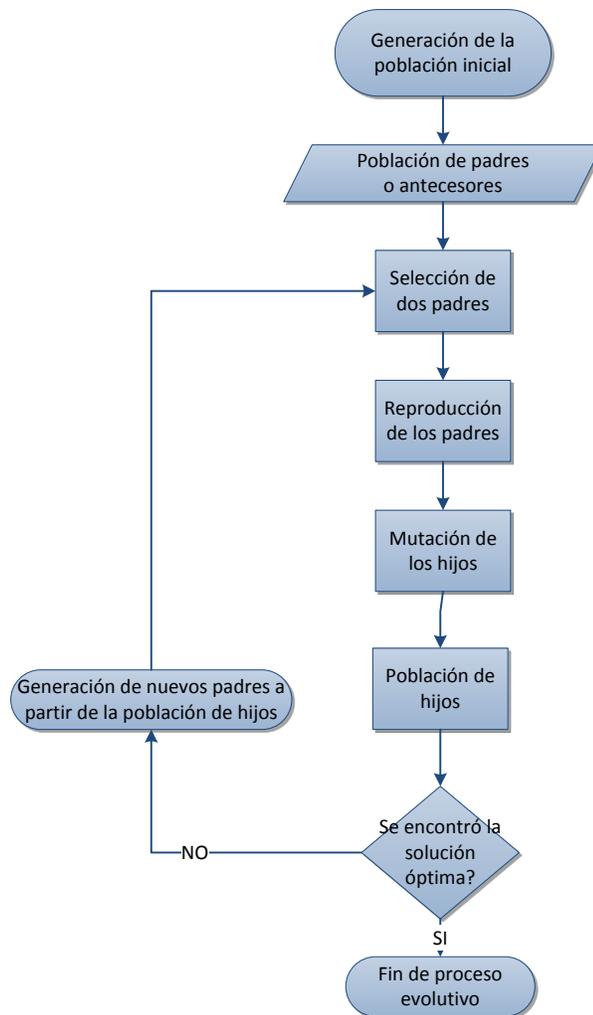


Gráfico 5: Proceso de un algoritmo genético simple.  
Fuente: Los Autores, 2015

En la década de los 60 se comenzó a vislumbrar la teoría que daría origen a los algoritmos genéticos modernos, cuando Baricelli y Fraser empezaron a experimentar en computadores digitales para simular comportamientos genéticos. Fraser simula cómo se propagan las generaciones de individuos más aptos. Es Holland en 1962 quien aplica dichas ideas en sistemas artificiales y da los fundamentos teóricos para lo que más adelante se conociera como algoritmos genéticos.

Hollestien en década del 70 incursiona con los algoritmos genéticos para la solución de problemas de optimización matemática, utiliza los algoritmos genéticos para la

optimización de funciones de dos variables, usando los operadores genéticos (cruce, mutación). (Cerrolaza & Annicchiarico, 1996)

En el 2009 (Long & Ohsato, 2009) proponen un algoritmo genético para encontrar una programación óptima basada en características de las actividades programadas que permitan la reducción de costos y de tiempos, logrando identificar los momentos de inicio de las actividades mediante un algoritmo de programación.

Múltiples investigaciones han encontrado en los algoritmos genéticos una herramienta poderosa que complementada, (Xu, Zheng, Zeng, Wu, & Shen, 2012) (Ke & Ma, 2014) (Pathak & Srivastava, 2014) brinda una solución óptima entre tiempo y costo tanto en la construcción de megaproyectos como en el desarrollo de software, mediante la fusión de los algoritmos genéticos con lógica difusa. Los algoritmos genéticos también son utilizados por (Koch & Mitlöchner, 2009) en la estimación del esfuerzo requerido para el desarrollo de software utilizándolo como un elemento para discernir entre el peso que tienen las diferentes características de un proyecto en el esfuerzo requerido por el mismo y por ende en el costo asociado a ello.

#### *V.3.8.6 Máquinas de soporte vectorial*

Las Máquinas de Soporte Vectorial (Support Vector Machines o SVM por sus siglas en inglés) es una técnica de reconocimiento de patrones que está siendo empleada en numerosas áreas, entre las que se destaca la clasificación de datos por sus resultados notablemente alentadores, puede manejar de una manera sofisticada la estructura de la no linealidad de los problemas de predicción complejos (Mittas, Papatheocharous, Angelis, & Andreou, 2014). Su aparición a principio de los años 90 provocó una explosión de aplicaciones y de profundos análisis teóricos que la convirtió en una de las herramientas más poderosas para reconocimiento de patrones.

Las SVM fueron desarrolladas por Vladimir Vapnik sobre la base de un problema de clasificación lineal binario e implemento el Principio Inductivo de Minimización Estructural del Riesgo para obtener buenos resultados de generalización sobre un número limitado de patrones de aprendizaje. (Bustio Martínez & Mesa Rodríguez, 2009) Se basa sobre en el algoritmo de minimización del riesgo de estructura (SRM) este algoritmo busca acercarse a la cota superior del error de estimación mínima, y se diferencia de BPN en su aproximación al mínimo error de entrenamiento (Deng & Yeh, 2011).

Existen varios algoritmos para el entrenamiento de SVM, por los resultados reportados se destacan básicamente tres (3):

**Chunking:** Este algoritmo fue propuesto por Vapnik en *Estimation of Dependences Based on Empirical Data*. Utiliza la gran dispersión que poseen los valores obtenidos para los multiplicadores de Lagrange. Descompone los grandes problemas en una serie de pequeños subproblemas cuyo último objetivo es identificar los multiplicadores de Lagrange que permitan la optimización. Esta técnica está limitada por el número máximo de vectores de soporte que se pueden manejar y además requiere de optimizadores cuadráticos para resolver la secuencia de subproblemas de optimización.

**Osuna:** Osuna propone un algoritmo para entrenar las SVMs que pretende hacer frente a las limitantes que presenta Chunking en cuanto a la selección de los objetos que formarán los subproblemas y el tamaño de estos subproblemas. La idea central del algoritmo es una solución iterativa de subproblemas y establecer su condición de detención en la cual terminar el algoritmo. La complejidad de este algoritmo aumenta en correspondencia con la cantidad de muestras de entrenamiento y no es factible para problemas de varias decenas de miles de muestras de entrenamiento.

**Sequential Minimal Optimization o SMO:** puede resolver los problemas generados por SVM sin agregar ninguna matriz extra de almacenamiento y sin usar optimizaciones numéricas. SMO descompone el problema en pequeños subproblemas bajo determinadas condiciones y emplea el teorema de Osuna para garantizar la convergencia y cada subproblema es resuelto por separado.

A diferencia de los otros métodos, SMO selecciona el menor problema de optimización posible en cada paso del algoritmo; dos multiplicadores de Lagrange. De esta forma, en cada iteración SMO selecciona 2 multiplicadores de Lagrange para optimizar conjuntamente, encuentra el valor óptimo para estos dos multiplicadores y actualiza las variables de SVM para reflejar los nuevos valores óptimos. De esta manera se necesitan más iteraciones para lograr la convergencia que los algoritmos anteriores pero los cálculos necesarios para realizar el paso de optimización con 2 multiplicadores de Lagrange es notablemente más rápido que cuando se seleccionan varios multiplicadores.

Básicamente, SMO está compuesto por dos elementos básicos: un método analítico para realizar la optimización con los dos multiplicadores de Lagrange escogidos; y una heurística para seleccionar con cuáles multiplicadores se realizará la optimización (Bustio Martínez & Mesa Rodríguez, 2009).

La técnica es considerada un método de estimación no lineal que al aumentar el área de la estimación, minimiza el error de precisión. En los artículos encontrados se mezcla con

herramientas como lógica difusa, estimación análoga y redes neuronales para integrar a las funciones de estimación variables con problemas de predicción.

Para predecir los costos de software, aplica un modelo lineal para implementar las fronteras de clase no lineales. Al trazar los vectores de entrada no lineal (que consiste en Multiplicadores de esfuerzo y tamaño de los proyectos) en un gran espacio de atributos dimensionales a través de los núcleos. El núcleo se compone de polinúcleos.

Luego, los vectores de soporte se aplican para encontrar una separación lineal óptima de hiperplano (en un caso de reconocimiento de patrones) o una función de regresión lineal (en el caso de regresión) en este espacio de características. (Abbasi & Soleimanian, 2012) realizan un estudio comparativo de diferentes técnicas de costeo, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales artificiales, COCOMO intermedio y k vecinos más cercanos (KNN), las máquinas de soporte vectorial son las que arrojan un mejor resultado junto con las redes neuronales artificiales.

#### V.4 Análisis de patentes

Para la elaboración del análisis se utilizó la base de datos Espacenet<sup>1</sup> de la Oficina Europea de Patentes, con el fin de obtener registros a nivel mundial, para ello se efectuaron los siguientes pasos:

- Construcción de la ecuación de búsqueda
- Extracción y filtrado de registros en la base de datos
- Depuración manual de los registros
- Análisis de información

El análisis se enfocó en identificar tendencias relacionadas con métodos para el costeo de proyectos durante el periodo de análisis de este estudio, utilizando los criterios definidos en la Tabla 14.

*Tabla 14: Tópicos de búsqueda para patentes relacionadas con costeo de proyectos.  
Fuente: Los Autores, 2015*

<b>BASE DE DATOS</b>	<b>ESPACENET</b>
<b>ECUACIÓN</b>	<b>"Cost estimating" or "Cost estimation" or "cost estimate" and project in the title or abstract AND 2005:2015 as the publication date.</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>29</b>

<sup>1</sup> Ofrece acceso gratuito a más de 90 millones de patentes a nivel mundial, relacionadas con invenciones y desarrollos tecnológicos desde 1936 hasta hoy.

Como resultado se obtuvieron 29 registros patentes para el periodo de 2005 a 2015, de los cuales, una vez revisados solo 16 registros eran acordes con la temática de análisis.

#### V.4.1 Evolución de la patentabilidad

Al igual que en el caso de artículos publicados en revistas científicas, se evaluó en el periodo de análisis 2005-2015, el número de patente concedidas relacionadas con métodos de estimación de costos, como se puede observar en Gráfico 6, el máximo número alcanzado en año son 3 licencias, las cuales sucedieron en los años 2010 y 2008, seguido con 2 licencias para los años 2008, 2009, 2011 y 2012. En los años 2006 y 2007 no hubo ningún otorgamiento de patentes.

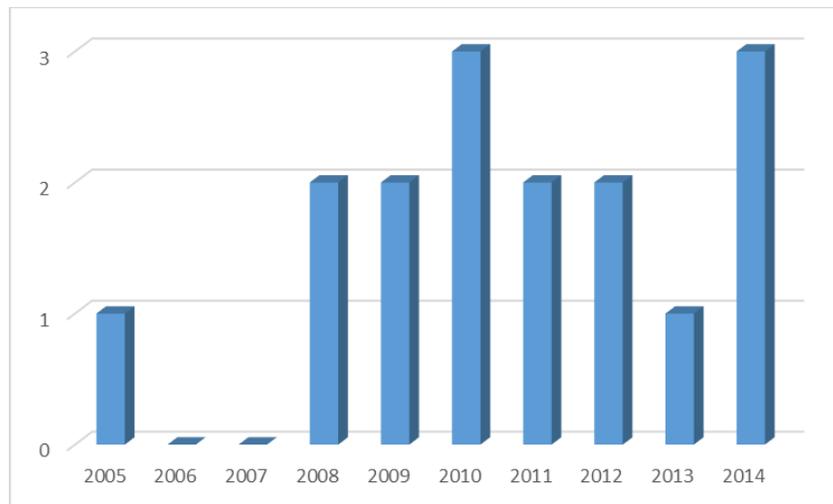


Gráfico 6: Dinámica de Patentamiento.  
Fuente: Los Autores, 2015.

#### 1.1.1 Instituciones líderes en patentes

Se identificaron siete (7) empresas, de las cuales el 85% son estadounidenses, los demás solicitantes de patentes, corresponden a los mismos inventores.

IBM cuenta con 3 registros patentes, los cuales hacen referencia a programas informáticos soportados en base datos y un sistema calculo. Las patentes solicitadas por esta empresa, se enfocan a mercados específicos, como el de procesos de consultoría para procesos de certificación y proyectos de implementación de software empaquetado.

Tabla 15: Instituciones líderes.  
Fuente: Los Autores, 2015.

APLICANTE	PAÍS	TOTAL
IBM	Estados Unidos	3
MECHANICAL SOFTWARE TECHNOLOGIES INC	Estados Unidos	1

<b>ABODE DESIGN &amp; CONSTRUCT PTY LTD</b>	Australia	1
<b>AUTODESK INC</b>	Estados Unidos	1
<b>TRIMBLE NAVIGATION LTD</b>	Estados Unidos	1
<b>EMBARQ HOLDINGS CO LLC</b>	Estados Unidos	1
<b>EXACT LOGIX INC</b>	Estados Unidos	1

### 1.1.2 Inventores líderes

Se identificaron 48 inventores en total, sin embargo, ninguno de ellos cuenta con más de 1 patente registrada. Por otro lado respecto a la nacionalidad de los mismos, el 79% provienen de Estados Unidos, seguido por Australia y Japón.

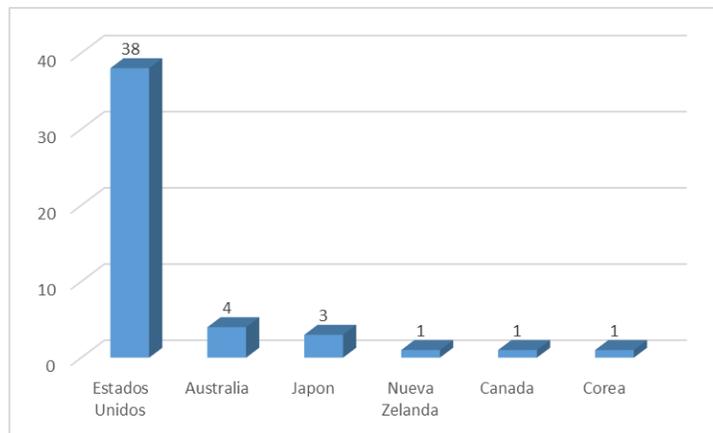


Gráfico 7: Nacionalidad de los inventores.  
Fuente: Los Autores, 2015.

### 1.1.3 Áreas tecnológicas

Todas las patentes encontradas corresponden a propuestas de programas informáticos que apoyan el proceso de costeo de los proyectos, el cual se enfoca en el método y el procesamiento de los datos, agrupados principalmente en la categoría G06Q de la Clasificación Internacional de Patentes, definida como:

*Métodos o sistemas de procesamiento de datos especialmente adaptados para fines administrativos, comerciales, financieros, de gestión, de supervisión o de pronóstico; métodos o sistemas especialmente adaptados para fines administrativos, comerciales, financieros, de gestión, de supervisión o de pronóstico, no previstos en otro lugar*

El detalle de las principales áreas tecnológicas, se encuentra en la Tabla 16.

Tabla 16: Áreas tecnológicas líderes.  
Fuente: Los Autores, 2015.

IPC	No. Patentes	Descripción
G06Q10/06	6	Recursos, flujos de trabajo, gestión de recursos humanos o de proyectos, p. ej. organización, planificación, programación o la asignación de tiempo para recursos humanos o de máquinas; Planificación empresarial; Modelos de organización
G06Q10/00	6	Administración; Gestión
G06Q50/00	3	Sistemas o métodos especialmente adaptados para un sector de negocios específico
G06Q50/08	3	Construcción
G06Q30/00	2	Comercio, p.e. compras o comercio electrónico

#### 1.1.4 Mercados protegidos

El 69% de las patentes encontradas tienen registro en Estados Unidos, situación alineada con el lugar de origen de los inventores y los aplicantes.

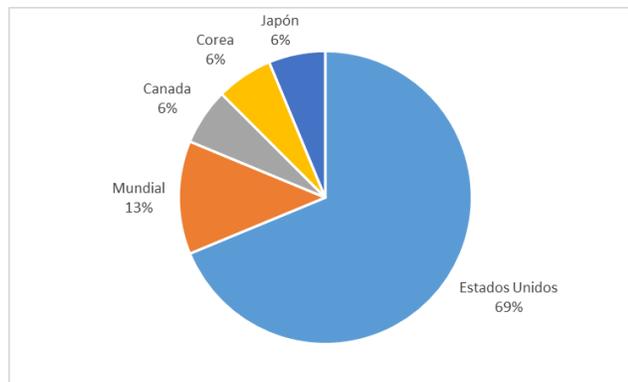


Gráfico 8: Mercados protegidos.  
Fuente: Los Autores, 2015.

#### V.4.2 Tendencias Identificadas

Una vez revisadas las patentes se identificaron las siguientes características:

- Todos los documentos se enfocan en la descripción de una base datos y un sistema calculo.
- Generalmente se utiliza una base de datos con información detallada respecto a los costos por unidad de diferentes materiales.
- Permiten el ingreso del detalle de la construcción, tales como planos o el plan de diseño, a través del cual se extrae la información geométrica. Con la información registrada en una base de datos respecto a los materiales y sus costos, es posible realizar la estimación total del proyecto.

- Estimación de las necesidades de personal y sus respectivos costos para el proyecto.
- Se permiten realizar ajustes a los planes de diseño, para permitir el recalcu de los costos.

Como se observa en la Tabla 17, gran parte de las patentes identificadas, están enfocadas en aplicaciones para el sector de la construcción y el método de estimación ascendente.

*Tabla 17: métodos de costeo y sectores de aplicación identificados en las Patentes.*

*Fuente: Los Autores, 2015.*

<b>No. Patente</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Método</b>
<b>CA2853270</b>	Sector construcción –Edificios	Estimación ascendente
<b>US2014257910</b>	Cualquier tipo de proyecto que involucre costeo del personal con vinculación directa o indirecta.	Estimación ascendente
<b>KR101360686</b>	ND*	ND
<b>US2013197960</b>	Sector construcción – Vías	Estimación análoga Estimación ascendente
<b>WO2012145788</b>	Sector construcción - Edificios	ND
<b>US2012016773</b>	ND	Estimación ascendente
<b>US2011301999</b>	ND	Estimación Paramétrica
<b>US2011288672</b>	Construcción de sistemas mecánicos	ND
<b>US2010325604</b>	Infraestructura de comunicaciones	ND
<b>US2010198652</b>	Sector construcción – proyectos de reparación	Estimación ascendente
<b>US2010088240</b>	ND	Estimación ascendente
<b>WO2009035998</b>	Proyectos que requieran diseño asistido por computador (CAD)	Estimación ascendente
<b>US2009048895</b>	Proyectos de evaluación y certificación.	ND
<b>US2008312980</b>	Proyectos de implementación software empaquetado	Estimación ascendente Costeo por actividades COCOMO
<b>US2008004844</b>	Sector construcción	ND
<b>JP2005258530</b>	ND	Estimación Paramétrica

\*ND: El documento de la patente no brinda información al respecto.

## VI. CONCLUSIONES

- No existe una clasificación estándar para los métodos de estimación de costos, cada autor, realiza una propuesta propia, sin embargo, cabe resaltar que el Project Management Institute (PMI), tiende a generar una clasificación que termina siendo aplicable a la mayoría de los casos.
- La estimación de costos tiene una gran influencia en las diferentes etapas de la gestión del ciclo de vida del proyecto, pero especialmente en la fase de planeación y diseño.
- Las estimaciones permiten evaluar en etapas tempranas la viabilidad económica del proyecto, no obstante, esta se ve limitada por la disponibilidad de información durante las primeras etapas del proyecto, por ello es importante el componente humano, ya que puede aportar experiencia y conocimiento.
- Si bien el eje central de este estudio corresponde a los métodos de estimación de costos, durante la revisión de los artículos, se evidencio que algunos autores plantean modelos relacionados con las relaciones Costo-Riesgo (Idrus et al., 2011) (Xenidis & Stavrakas, 2013) o Costo-Tiempo (Kumar & Srivastava, 2014) (Czarnigowska & Sobotka, 2013) (Wuliang & Chengen, 2009).
- El creciente interés por el estudio de las técnicas de costeo da como resultado un amplio espectro de autores que aportan en esta área del conocimiento. Por sobre todos ellos es Jui-Sheng Chou de la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán quién destaca por tener mayor cantidad de escritos en el tema en los últimos 10 años. Versa entre las dos áreas de mayor estudio como lo son la tecnología y la construcción. Otros autores se destacan aunque en menor medida por su número de publicaciones. Miguel Angel Sicilia (2), Tai, Yian (2), Min-Yuan Cheng (2), I-Tung Yang (2), S. Deng (2).
- La persona que desee estudiar las técnicas de costeo podrá iniciar su búsqueda en las revistas especializadas “Expert Systems with Applications”, “International Journal of Project Management” “Automation in Construction”, “Journal of Systems and Software” e “International Journal of Production Economics” ya que es en estas revistas donde se centra la mayor cantidad de información sobre la estimación de costos.
- Dentro de la clasificación de los métodos de costeo, sobresale por encima de los demás la estimación paramétrica, la cual es estudiada en el 68% de las

publicaciones, seguida de estimación análoga con un 20%. El 32% de los artículos estudia modelos híbridos.

- Los sectores en los cuáles se destaca el estudio de la estimación de costos son los relativos a la tecnología y la construcción. Respecto al sector de TI, se evidencia que si bien aplican técnicas tradicionales, también se han desarrollado modelos de costeo (enfocados en el esfuerzo) específicos para los proyectos de software, como el denominado COCOMO I y II. Por otro lado, en el caso del sector de la construcción, se realiza énfasis en la buena estimación de costos, ya que este tipo de proyectos, tienden a generar sobrecostos. Los artículos revisados muestran que las técnicas utilizadas son del tipo “estimación paramétrica” utilizando modelos basados en redes neuronales.
- El estudio de las técnicas de costeo ha venido adquiriendo auge al transcurrir de los tiempos, triplicando la cantidad de publicaciones en el 2013 en relación a las hechas en el 2005. Es en dicho año en el cuál se presentó el mayor número de publicaciones. A partir de allí se observa una leve caída en la curva de tendencia, más sin embargo se conserva el número promedio de publicaciones hechas previamente. Los años 2005 y 2006 son los años en los que se encontró menos número de publicaciones.
- Existe un auge por las técnicas de costeo paramétricas. La estimación de costos a través de juicio experto tiene tendencia a la desaparición, al igual que las estimaciones por tres valores. Las técnicas basadas en sistemas que tienen la capacidad de aprender son las que predominan. Las Redes Neuronales Artificiales, lógica difusa, Máquinas de soporte vectorial y los sistemas híbridos son las herramientas con las que se valen los investigadores contemporáneos de la estimación de costos y en las que se deberán hacer esfuerzos de investigación en el futuro. Los modelos matemáticos rígidos tienen el mismo destino de cualquier ser vivo que no evoluciona: la desaparición.
- Las únicas industrias sobre las cuales se está haciendo una amplia labor investigativa en la actualidad son las referentes al sector de la construcción y el de tecnologías de la información, esta última más específicamente al desarrollo de software. Sectores como la manufactura, la banca, las comunicaciones, el transporte representan una oportunidad importante para el desarrollo de nuevas investigaciones en el futuro.
- Pese a que las técnicas específicas para la estimación de costos predomina, el uso de una sola, a partir del 2010, el aumento de técnicas híbridas, indica una

forma de estimación, en la cual las técnicas se complementan, para un mejor método de estimación.

- El análisis permite confirmar que se siguen trabajando las técnicas tradicionales de costeo de proyectos, no obstante, se detectan aplicaciones de minería de datos, inteligencia artificial y redes neuronales. Los expertos en el tema, han venido desarrollando nuevos modelos híbridos con el fin mejorar la exactitud y fiabilidad de las estimaciones de los costos.
- El análisis de patentes permite reafirmar que son las empresas quienes dedican esfuerzos a proteger sus invenciones mediante esta estrategia, así mismo, los desarrollos se enfocan en sistemas computacionales destinados a facilitar y agilizar el proceso de estimación.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aggidis, G. A., Luchinskaya, E., Rothschild, R., & Howard, D. C. (2010). The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential. *Renewable Energy*, 35(12), 2632–2638. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2010.04.008>
2. Ahn, J., Ji, S. H., Park, M., Lee, H. S., Kim, S., & Suh, S. W. (2014). The attribute impact concept: Applications in case-based reasoning and parametric cost estimation. *Automation in Construction*, 43, 195–203. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.011>
3. Amigun, B., & von Blottnitz, H. (2009). Cost analyses and predictions for a fuel ethanol plant in a rural and landlocked African country: Lang factor approach. *International Journal of Production Economics*, 119(1), 207–216. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.02.006>
4. Araújo, R. de A., Soares, S., & Oliveira, A. L. I. (2012). Hybrid morphological methodology for software development cost estimation. *Expert Systems with Applications*, 39(6), 6129–6139. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.077>
5. Aroba, J., Cuadrado-Gallego, J. J., Sicilia, M.-Á., Ramos, I., & García-Barriocanal, E. (2008). Segmented software cost estimation models based on fuzzy clustering. *Journal of Systems and Software*, 81(11), 1944–1950. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2008.01.016>
6. Bari, N. A. A., Yusuff, R., Ismail, N., Jaapar, A., & Ahmad, R. (2012). Factors Influencing the Construction Cost of Industrialised Building System (IBS) Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35, 689–696. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.138>
7. Berlin, S., Raz, T., Glezer, C., & Zviran, M. (2009). Comparison of estimation methods of cost and duration in IT projects. *Information and Software Technology*, 51(4), 738–748. <http://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.007>
8. Bibi, S., Stamelos, I., & Angelis, L. (2008). Combining probabilistic models for explanatory productivity estimation. *Information and Software Technology*, 50(7-8), 656–669. <http://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.06.004>
9. Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2008a). Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 934–954. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.002>
10. Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2008b). Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 934–954. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.002>

11. Caron, F., Ruggeri, F., & Merli, A. (2013). A bayesian approach to improve estimate at completion in earned value management. *Project Management Journal*, 44(1), 3–16. <http://doi.org/10.1002/pmj.21303>
12. Chan, D. W. M., Lam, P. T. I., Chan, J. H. L., Ma, T., & Perkin, T. (2012). A comparative study of the benefits of applying target cost contracts between South Australia and Hong Kong. *Project Management Journal*, 43(2), 4–20. <http://doi.org/10.1002/pmj.21255>
13. Che, Z. H. (2010). PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding. *Computers & Industrial Engineering*, 58(4), 625–637. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2010.01.004>
14. Cheng, M.-Y., Peng, H.-S., Wu, Y.-W., & Chen, T.-L. (2010). Estimate at Completion for construction projects using Evolutionary Support Vector Machine Inference Model. *Automation in Construction*, 19(5), 619–629. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.02.008>
15. Cheng, M.-Y., Tsai, H.-C., & Sudjono, E. (2010). Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4224–4231. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.11.080>
16. Chou, J. S., Cheng, M. Y., Wu, Y. W., & Tai, Y. (2011). Predicting high-tech equipment fabrication cost with a novel evolutionary SVM inference model. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8571–8579. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.060>
17. Chou, J. S., Tai, Y., & Chang, L. J. (2010). Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 339–350. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.031>
18. Chou, J. S., Yang, I. T., & Chong, W. K. (2009). Probabilistic simulation for developing likelihood distribution of engineering project cost. *Automation in Construction*, 18(5), 570–577. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.12.001>
19. Chou, J.-S. (2009a). Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4253–4267. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.03.017>
20. Chou, J.-S. (2009b). Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2947–2960. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.025>
21. Chou, J.-S. (2011). Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management. *International Journal of Project Management*, 29(6), 706–717. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.07.010>

22. Chou, J.-S., & O'Connor, J. T. (2007). Internet-based preliminary highway construction cost estimating database. *Automation in Construction*, 17(1), 65–74. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.03.001>
23. Chou, J.-S., Tai, Y., & Chang, L.-J. (2010). Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 339–350. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.031>
24. Cuadrado-Gallego, J. J., Sicilia, M.-Á., Garre, M., & Rodríguez, D. (2006). An empirical study of process-related attributes in segmented software cost-estimation relationships. *Journal of Systems and Software*, 79(3), 353–361. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2005.04.040>
25. Czarnigowska, A., & Sobotka, A. (2013). Time–cost relationship for predicting construction duration. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 13(4), 518–526. <http://doi.org/10.1016/j.acme.2013.05.004>
26. Deng, S., & Yeh, T.-H. (2010a). Applying least squares support vector machines to the airframe wing-box structural design cost estimation. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8417–8423. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.05.038>
27. Deng, S., & Yeh, T.-H. (2010b). Applying least squares support vector machines to the airframe wing-box structural design cost estimation. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8417–8423. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.05.038>
28. Deng, S., & Yeh, T.-H. (2011). Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation. *International Journal of Production Economics*, 131(2), 701–708. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.02.019>
29. Dillibabu, R., & Krishnaiah, K. (2005a). Cost estimation of a software product using COCOMO II.2000 model – a case study. *International Journal of Project Management*, 23(4), 297–307. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.11.003>
30. Dillibabu, R., & Krishnaiah, K. (2005b). Cost estimation of a software product using COCOMO II.2000 model – a case study. *International Journal of Project Management*, 23(4), 297–307. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.11.003>
31. Ditsuwat, T., Liabsuetrakul, T., Ditsuwat, V., & Thammaphalo, S. (2012). Cost of standard indoor ultra-low-volume space spraying as a method to control adult dengue vectors. *Tropical Medicine and International Health*, 17(6), 767–774. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2012.02997.x>
32. Doloi, H. K. (2011). Understanding stakeholders' perspective of cost estimation in project management. *International Journal of Project Management*, 29(5), 622–636. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.06.001>
33. Duran, O., Rodriguez, N., & Consalter, L. A. (2009). Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7435–7440. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.09.014>

35. Engel, A., & Last, M. (2007). Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm. *Journal of Systems and Software*, 80(6), 817–835. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2006.09.013>
36. Gu, X., Geng, Z., Xu, W., & Zhu, Q. (2011). Hierarchy probability cost analysis model incorporate MAIMS principle for EPC project cost estimation. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8087–8098. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.150>
37. Hallahan, R., & Peha, J. M. (2010). Quantifying the costs of a nationwide public safety wireless network. *Telecommunications Policy*, 34(4), 200–220. <http://doi.org/10.1016/j.telpol.2010.01.002>
38. Harris, G., Heptonstall, P., Gross, R., & Handley, D. (2013). Cost estimates for nuclear power in the UK. *Energy Policy*, 62, 431–442. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.116>
39. Heller, J. E., Löwer, M., & Feldhusen, J. (2014). Requirement based Future Product Cost Estimation using Lifecycle Assessment Data. *Procedia CIRP*, 15, 520–525. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.069>
40. Huang, X., Ho, D., Ren, J., & Capretz, L. F. (2007). Improving the COCOMO model using a neuro-fuzzy approach. *Applied Soft Computing*, 7(1), 29–40. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2005.06.007>
41. Idrus, A., Nuruddin, M. F., & Rohman, M. A. (2011). Expert Systems with Applications Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system. *Expert Systems With Applications*, 38(3), 1501–1508. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.061>
42. Ishii, N., Takano, Y., & Muraki, M. (2014). An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering–Procurement–Construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(3), 519–528. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.07.009>
43. Izaurieta, F., & Saavedra, C. (1999). Redes Neuronales Artificiales. *Charlas de Fisica*, 1–15. [http://doi.org/10.1016/S0210-5691\(05\)74198-X](http://doi.org/10.1016/S0210-5691(05)74198-X)
44. Jadid, M. N., & Idrees, M. M. (2007a). Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: A conceptual approach. *Automation in Construction*, 16(6), 797–805. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.02.007>
45. Jadid, M. N., & Idrees, M. M. (2007b). Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: A conceptual approach. *Automation in Construction*, 16(6), 797–805. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.02.007>
46. Jeong, K., Lee, D., Jung, C., & Lee, K. (2007). Structures and elements for the decommissioning cost estimations of nuclear research reactors. *Annals of Nuclear Energy*, 34(4), 326–332. <http://doi.org/10.1016/j.anucene.2007.01.005>

47. Johansen, A., Sandvin, B., Torp, O., & Økland, A. (2014). Uncertainty Analysis – 5 Challenges with Today’s Practice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 591–600. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.066>
48. Kazemifard, M., Zaeri, A., Ghasem-Aghaee, N., Nematbakhsh, M. A., & Mardukhi, F. (2011). Fuzzy Emotional COCOMO II Software Cost Estimation (FECSCCE) using Multi-Agent Systems. *Applied Soft Computing*, 11(2), 2260–2270. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.08.006>
49. Khadtare, M., & Smith, E. (2011). Fractal-COSYSMO Systems Engineering Cost Estimation for Complex Projects. *Procedia Computer Science*, 6, 88–93. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2011.08.018>
50. Khalifeh, Z. A., & Gharehchopogh, F. S. (2012). Comparison and evaluation of data mining techniques with algorithmic models in software cost estimation. *Procedia Technology*, 1, 65–71. <http://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.02.013>
51. Khodakarami, V., & Abdi, A. (2014). Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items. *International Journal of Project Management*, 32(7), 1233–1245. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.001>
52. Kim, H.-J., Seo, Y.-C., & Hyun, C.-T. (2012). A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects. *Automation in Construction*, 25, 72–81. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.04.006>
53. Kumar, B., & Srivastava, S. (2014). Integrated Fuzzy – HMH for project uncertainties in time – cost tradeoff problem. *Applied Soft Computing Journal*, 21, 320–329. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.03.035>
54. Li, Y. F., Xie, M., & Goh, T. N. (2009). A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation. *Journal of Systems and Software*, 82(2), 241–252. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2008.06.001>
55. Low, L. L., O’Neill, B., Ford, C., Godden, J., Gishen, M., & Colby, C. (2008). Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilisation of wines. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7), 1202–1216. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01591.x>
56. Lowe, D. J., Emsley, M. W., & Harding, A. (2006). Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(7), 750–758. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:7\(750\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:7(750))
57. Ma, Z., Wei, Z., & Zhang, X. (2013). Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model. *Automation in Construction*, 30, 126–135. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.020>
58. Madsen, L. B., Ustrup, M., Hansen, K. S., Nyasulu, P. S., Bygbjerg, I. C., & Konradsen, F. (2014). Estimating the costs of implementing the rotavirus

- vaccine in the national immunisation programme: The case of Malawi. *Tropical Medicine and International Health*, 19(2), 177–185. <http://doi.org/10.1111/tmi.12233>
59. Magazinius, A., Pernstål, J., & Öhman, P. (2010). Software cost estimation inhibitors—a case study in automotive context. *Journal of Software Maintenance and Evolution Research and Practice*, 22(5), 407–427. <http://doi.org/10.1002/smr.457>
  60. Magnussen, O. M., & Olsson, N. O. E. (2006). Comparative analysis of cost estimates of major public investment projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 281–288. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.011>
  61. Makovšek, D. (2014). Systematic construction risk, cost estimation mechanism and unit price movements. *Transport Policy*, 35, 135–145. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.04.012>
  62. Marbán, O., Menasalvas, E., & Fernández-Baizán, C. (2008). A cost model to estimate the effort of data mining projects (DMCoMo). *Information Systems*, 33(1), 133–150. <http://doi.org/10.1016/j.is.2007.07.004>
  63. Markiz, N., & Jrade, A. (2014). Integrating a fuzzy-logic decision support system with bridge information modelling and cost estimation at conceptual design stage of concrete box-girder bridges. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 135–152. <http://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.08.002>
  64. Marzouk, M. M., & Ahmed, R. M. (2011). A case-based reasoning approach for estimating the costs of pump station projects. *Journal of Advanced Research*, 2(4), 289–295. <http://doi.org/10.1016/j.jare.2011.01.007>
  65. Mawlana, M., & Hammad, A. (2015). Joint probability for evaluating the schedule and cost of stochastic simulation models. *Advanced Engineering Informatics*. <http://doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.005>
  66. Mendes, E., Mosley, N., & Counsell, S. (2005). Investigating Web size metrics for early Web cost estimation. *Journal of Systems and Software*, 77(2), 157–172. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2004.08.034>
  67. Miranda, E., & Abran, A. (2008). Protecting software development projects against underestimation. *Project Management Journal*, 39(3), 75–85. <http://doi.org/10.1002/pmj.20067>
  68. Mittas, N., Papatheocharous, E., Angelis, L., & Andreou, A. S. (2015). Integrating non-parametric models with linear components for producing software cost estimations. *Journal of Systems and Software*, 99, 120–134. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2014.09.025>
  69. Niknam, M., & Karshenas, S. (2015). Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies. *Automation in Construction*. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.003>

70. Olawale, Y., & Sun, M. (2014). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *International Journal of Project Management*, 33(3), 623–637. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.10.003>
71. Paraskevopoulou, C., & Benardos, A. (2013). Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 38, 497–505. <http://doi.org/10.1016/j.tust.2013.08.005>
72. Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK)* (Quinta edi, Vol. 87). Project Management Institute, Inc.
73. Qin, X., & Fang, M. (2011). Summarization of Software Cost Estimation. *Procedia Engineering*, 15, 3027–3031. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.568>
74. Raphael, B., Domer, B., Saitta, S., & Smith, I. F. C. (2007). Incremental development of CBR strategies for computing project cost probabilities. *Advanced Engineering Informatics*, 21(3), 311–321. <http://doi.org/10.1016/j.aei.2007.02.001>
75. Rostami, J., Sepehrmanesh, M., Gharahbagh, E. A., & Mojtabai, N. (2013). Planning level tunnel cost estimation based on statistical analysis of historical data. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 33, 22–33. <http://doi.org/10.1016/j.tust.2012.08.002>
76. Roy, R., Colmer, S., & Griggs, T. (2005). Estimating the cost of a new technology intensive automotive product: A case study approach. *International Journal of Production Economics*, 97(2), 210–226. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.08.003>
77. Roy, R., Souchoroukov, P., & Shehab, E. (2011). Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 694–707. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.018>
78. Rummer, B. (2008). Assessing the cost of fuel reduction treatments: A critical review. *Forest Policy and Economics*, 10(6), 355–362. <http://doi.org/10.1016/j.forpol.2008.01.001>
79. Simperl, E., Bürger, T., Hangl, S., Wörgl, S., & Popov, I. (2012). ONTOCOM: A reliable cost estimation method for ontology development projects. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 16, 1–16. <http://doi.org/10.1016/j.websem.2012.07.001>
80. Tawfek, H. S., Mohammed, H. E.-D. H., & Abdel Razek, M. E. (2012). Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in Egypt using artificial neural network model. *HBRC Journal*, 8(2), 132–143. <http://doi.org/10.1016/j.hbrj.2012.09.009>

81. Tosun, A., Turhan, B., & Bener, A. B. (2009a). Feature weighting heuristics for analogy-based effort estimation models. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10325–10333. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.079>
82. Tosun, A., Turhan, B., & Bener, A. B. (2009b). Feature weighting heuristics for analogy-based effort estimation models. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10325–10333. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.079>
83. Trivailo, O., Sippel, M., & Şekerciöğlü, Y. a. (2012). Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning. *Progress in Aerospace Sciences*, 53, 1–17. <http://doi.org/10.1016/j.paerosci.2012.02.001>
84. Tsai, W.-H., Yang, C.-H., Chang, J.-C., & Lee, H.-L. (2014). An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects. *European Journal of Operational Research*, 238(2), 607–619. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.024>
85. Uzzafer, M. (2013). A contingency estimation model for software projects. *International Journal of Project Management*, 31(7), 981–993. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.002>
86. Wallshein, C. C., & Loerch, A. G. (2015). Software cost estimating for CMMI Level 5 developers. *Journal of Systems and Software*, 105, 72–78. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2015.03.069>
87. Wang, H. S. (2007). Application of BPN with feature-based models on cost estimation of plastic injection products. *Computers & Industrial Engineering*, 53(1), 79–94. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2007.04.005>
88. Wang, W. C., Wang, S. H., Tsui, Y. K., & Hsu, C. H. (2012). A factor-based probabilistic cost model to support bid-price estimation. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5358–5366. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.049>
89. Wang, Y.-R., Yu, C.-Y., & Chan, H.-H. (2012). Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models. *International Journal of Project Management*, 30(4), 470–478. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.09.002>
90. Wuliang, P., & Chengen, W. (2009). A multi-mode resource-constrained discrete time–cost tradeoff problem and its genetic algorithm based solution. *International Journal of Project Management*, 27(6), 600–609. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.10.009>
91. Xenidis, Y., & Stavarakas, E. (2013). Risk based Budgeting of Infrastructure Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74, 478–487. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.049>
92. Yang, I.-T. (2005). Simulation-based estimation for correlated cost elements. *International Journal of Project Management*, 23(4), 275–282. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.12.002>

93. Yazicioglu, D. A. (2012). Regression Model for Interior Design Cost Estimate in Preliminary Stage. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 51, 595–608. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.211>

## **ANEXOS**

## 1. LISTADO DE PATENTES

Title	Publication Number	Publication Date	Inventor(S)	Applicant(S)	International Classification
METHOD AND SYSTEM FOR PROJECT PLANNING AND ESTIMATION	<u>CA2853270 (A1)</u>	2014-11-30	LEPAGE FRANCOIS [CA]	LEPAGE FRANCOIS [CA]	G06Q10/06 G06Q50/08
ESTIMATING PROJECT COST	<u>US2014257910 (A1)</u>	2014-09-11	ANDERS KELLEY L [US] HEWITT TRUDY L [US] STETOR JAMES [US]	IBM [US]	G06Q10/06
COST-AND-TIME-UNITED SCHEDULE MANAGEMENT SYSTEM	<u>KR101360686 (B1)</u>	2014-02-07	KIM YU GIL [KR]	KIM YU GIL [KR]	G06Q50/08
SYSTEM FOR ADAPTIVE CONSTRUCTION SEQUENCING	<u>US2013197960 (A1)</u>	2013-08-01	NICHOLS MARK [NZ]	TRIMBLE NAVIGATION LTD [US] TRIMBLE NAVIGATION LTD [US]	G06Q10/06 G06Q50/08
CONSTRUCTION MANAGEMENT METHODS	<u>WO2012145788 (A1)</u>	2012-11-01	LENNOX ANDREW [AU]	ABODE DESIGN & CONSTRUCT PTY LTD [AU] LENNOX ANDREW [AU]	G06Q10/06 G06F17/30
CUSTOMIZABLE METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING A PRELIMINARY COST ESTIMATE FOR A HOME RENOVATION PROJECT	<u>US2012016773 (A1)</u>	2012-01-19	STRAUSS STEVEN D [US]	STRAUSS STEVEN D [US]	G06Q30/00
PROJECT SUPPORTING METHOD, EXECUTION PROGRAM THEREFOR, AND EXECUTION DEVICE THEREFOR	<u>US2011301999 (A1)</u>	2011-12-08	MATSUI TAKAHARU [JP] TADA AKIRA [JP]	MATSUI TAKAHARU [JP] TADA AKIRA [JP]	G06Q10/00 G06Q10/06 G06Q50/00
COMPUTER-IMPLEMENTED	<u>US2011288672 (A1)</u>	2011-11-24	CUNNEY BRENDAN [US]	CUNNEY	G05B13/04

<b>AUTOMATED DESIGN, MODELING AND MANUFACTURING SYSTEM FOR A PROJECT</b>			CUNNEY MICHAEL [US] CUNNEY SHAUN [US] PEDRICK KEITH [US] WHITMAN JOSHUA [US]	BRENDAN [US] CUNNEY MICHAEL [US] CUNNEY SHAUN [US] PEDRICK KEITH [US] WHITMAN JOSHUA [US] MECHANICAL SOFTWARE TECHNOLOGIES INC [US]	
<b>SYSTEM AND METHOD FOR PERFORMING COST ESTIMATION IN A SERVICE PROVIDER ENVIRONMENT</b>	<u><b>US2010325604 (A1)</b></u>	2010-12-23	JONES CYNDI C [US] GLODOWSKI KATHEE [US] HURST BERNADETTE [US] IRVINE CHUCK [US] PELL MERLE C [US] BOWER GUY [US] MOSLEY STEVE [US] CHLOPECKI SEBASTIAN [US]	EMBARQ HOLDINGS CO LLC	G06F9/44
<b>SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS</b>	<u><b>US2010198652 (A1)</b></u>	2010-08-05	SPANTON JR RICHARD WILLIAM [US] SPANTON MATTHEW MICHAEL [US] RAHDER MAX [US]	EXACT LOGIX INC [US]	G06Q50/00 G06Q10/00 G06Q30/00
<b>CONSTRUCTION COST ESTIMATING AND SCHEDULING SYSTEM AND METHOD</b>	<u><b>US2010088240 (A1)</b></u>	2010-04-08	ELY ANDREW J [US] REDDI RADHAKRISHNA [US]		G06Q10/00
<b>SHARING QUANTITY TAKEOFF DATA BETWEEN COMPUTER AIDED DESIGN PROJECTS</b>	<u><b>WO2009035998 (A1)</b></u>	2009-03-19	WOOD ANDREW [US]	AUTODESK INC [US] WOOD ANDREW	G06F17/50

				[US]	
<b>QUALITY MODEL CERTIFICATION ASSESSMENT COST ESTIMATION AND OPTIMIZATION</b>	<b><u>US2009048895 (A1); US8000987 (B2)</u></b>	2009-02-19	HICKEY DONNA M [US] JOHNSON RANDY S [US] LASSITER SHELBY J [US] MERKEL GREGORY [US]	IBM [US]	G06Q10/00
<b>METHOD AND SYSTEM FOR STAFFING AND COST ESTIMATION MODELS ALIGNED WITH MULTI- DIMENSIONAL PROJECT PLANS FOR PACKAGED SOFTWARE APPLICATIONS</b>	<b><u>US2008312980 (A1)</u></b>	2008-12-18	BOULINEAU PAUL R [US] CANN JOHN D [US] DUGAR RAJAT [US] KREAMER JED [US] LEE JUHNYOUNG [US] MOHAN RAKESH [US] RAYMOND ANDREW [US] ROSINSKI THOMAS D [US] SHERIFF CLAYTON W [US] SHIVPURIYA VIKAS J [US] SIGL GERHARD [US]	IBM [US]	G06Q10/00
<b>METHOD AND SYSTEM FOR ESTIMATING PROJECT COSTS</b>	<b><u>US2008004844 (A1)</u></b>	2008-01-03	KEFFORD MARK [AU] LOVEGROVE SIMON W [AU] ANDERSSEN JASON [AU]		G06F17/00
<b>PARAMETRIC ESTIMATION SYSTEM</b>	<b><u>JP2005258530 (A)</u></b>	2005-09-22	OYAMADA HIROMI	OYAMADA HIROMI	G06Q10/06 G06Q10/00 G06Q50/00 G06Q90/00 G06F17/60

## MATRIZ DE REGISTRO

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
A multi-mode resource-constrained discrete time-cost tradeoff problem and its genetic algorithm based solution	2009	International Journal of Project Management				Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models	2012	International Journal of Project Management	Construcción			Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
A contingency estimation model for software projects	2013	International Journal of Project Management	IT		Teórico	Análisis de reservas	Estimación Ascendente	
An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering-Procurement-Construction projects	2014	International Journal of Project Management	Construcción		Teórico	Análisis de ofertas de proveedores	Estimación Paramétrica	
Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement	2015	International Journal of Project Management	Construcción		Práctico	Juicio de expertos	Estimación Ascendente	Estimación análoga

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management	2011	International Journal of Project Management	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		
Estimate at Completion for construction projects using Evolutionary Support Vector Machine Inference Model	2010	Automation in Construction	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm	2007	The Journal of Systems and Software	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects	2014	European Journal of Operational Research	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación Ascendente	
Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items	2014	International Journal of Project Management	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación por tres valores	Juicio de expertos	
Time-cost relationship for predicting construction duration	2013	Archives of Civil and Mechanical Engineering	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		
Joint probability for evaluating the schedule and cost of stochastic simulation models	2015	Advanced Engineering Informatics			Teórico	Estimación Paramétrica		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Comparison of estimation methods of cost and duration in IT projects	2009	Information and Software Technology	IT			Estimación Paramétrica		
Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project	2009	Expert Systems with Applications	Construcción			Estimación Análoga	Estimación Paramétrica	
Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects	2009	Expert Systems with Applications	Transporte			Estimación Paramétrica		
A cost model to estimate the effort of data mining projects (DMCoMo)	2008	Information Systems	IT			Estimación Paramétrica		
A factor-based probabilistic cost model to support bid-price estimation	2012	Expert Systems with Applications	Construcción		Teórico-Práctico	Análisis de ofertas de proveedores	Estimación Paramétrica	
A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects	2012	Automation in Construction	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Juicio de expertos	
A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation	2009	Journal of Systems and Software	IT		Teórico	Estimación Análoga		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
An empirical study of process-related attributes in segmented software cost-estimation relationships	2006	Journal of Systems and Software	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Applying least squares support vector machines to the airframe wing-box structural design cost estimation	2010	Expert Systems with Applications	Manufactura		Teórico	Estimación Paramétrica		
Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects	2013	Tunnelling and Underground Space Technology	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Análoga	Estimación Paramétrica	
Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in Egypt using artificial neural network model	2012	HBRC Journal	Construcción		Teórico	Costo de la Calidad		
Probabilistic simulation for developing likelihood distribution of engineering project cost	2009	Automation in Construction	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica		
Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system	2011	Expert Systems with Applications	Construcción		Teórico	Análisis de reservas		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
A case-based reasoning approach for estimating the costs of pump station projects	2011	Journal of Advanced Research	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación Analoga	
Integrated Fuzzy-HMH for project uncertainties in time-cost tradeoff problem	2014	Applied Soft Computing			Teórico	Estimación Paramétrica		
Incremental development of CBR strategies for computing project cost probabilities	2007	Advanced Engineering Informatics	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Análoga		
Assessing the cost of fuel reduction treatments: A critical review	2008	Forest Policy and Economics	Ambiente		Teórico	Juicio de expertos		
Feature weighting heuristics for analogy-based effort estimation models	2009	Expert Systems with Applications	IT		Teórico-Práctico	Estimación Análoga		
Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning	2012	Progress in Aerospace Sciences	Aeroespacial		Teórico	Estimación Análoga	Estimación Paramétrica	Juicio de expertos
Estimating the cost of a new technology intensive automotive product: A case study approach	2005	International Journal of Production Economics	Automotor		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica	Juicio de expertos	

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Protecting Software Development Projects Against Underestimation	2008	Project Management Journal	IT			Análisis de reservas		
A Bayesian Approach to Improve Estimate at Completion in Earned Value Management	2012	Project Management Journal			Teórico	Estimación Paramétrica		
A Comparative Study of the Benefits of Applying Target Cost Contracts Between South Australia and Hong Kong	2012	Project Management Journal	Construcción		Teórico-Práctico	Análisis de ofertas de proveedores		
Combining probabilistic models for explanatory productivity estimation	2008	Information and Software Technology	IT		Teórico-Práctico	No Aplica		
Comparative analysis of cost estimates of major public investment projects	2006	International Journal of Project Management	Sector Público		Práctico	No Aplica		
Comparison and evaluation of data mining techniques with algorithmic models in software cost estimation	2012	Procedia Technology	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry	2010	Expert Systems with Applications	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Cost analyses and predictions for a fuel ethanol plant in a rural and landlocked African country: Lang factor approach	2009	International Journal of Production Economics	Construcción	Energía	Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación Ascendente	
Cost estimates for nuclear power in the UK	2013	Energy Policy	Construcción	Energía	Teórico	Estimación Análoga		
Cost estimation of a software product using COCOMO II.2000 model – a case study	2005	International Journal of Project Management	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: A conceptual approach	2007	Automation in Construction	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación Ascendente	
Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements	2011	International Journal of Production Economics	Automotor		Teórico	Estimación Ascendente		
Segmented software cost estimation models based on fuzzy clustering	2008	Journal of Systems and Software	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels	2008	International Journal of Production Economics	Manufactura		Teórico	Estimación Paramétrica		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	2013	Automation in Construction	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica		
Risk based Budgeting of Infrastructure Projects	2013	Procedia - Social and Behavioral Sciences	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación Ascendente	
Systematic construction risk, cost estimation mechanism and unit price movements	2014	Transport Policy	Construcción		Teórico	Estimación Ascendente		
Regression Model for Interior Design Cost Estimate in Preliminary Stage	2012	Procedia - Social and Behavioral Sciences	Diseño		Teórico	Estimación Paramétrica		
Simulation based estimation for correlated cost elements	2005	International Journal of Project Management	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica		
ONTOCOM: A reliable cost estimation method for ontology development projects	2012	Journal of Web Semantics	IT		Teórico	Estimación Análoga	Estimación Paramétrica	
Planning level tunnel cost estimation based on statistical analysis of historical data	2013	Tunnelling and Underground Space Technology	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Predicting high-tech equipment fabrication cost with a novel evolutionary SVM inference model	2011	Expert Systems with Applications	IT	Manufactura	Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		
Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models	2010	International Journal of Production Economics	IT	Manufactura	Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		
Quantifying the costs of a nationwide public safety wireless network	2010	Telecommunications Policy	Telecomunicaciones		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
Requirement based future product cost estimation using lifecycle assessment data	2014	Procedia CIRP	Aeroespacial		Teórico	Estimación Paramétrica		
The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential	2010	Renewable Energy	Construcción	Energía	Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación análoga	Estimación ascendente
The attribute impact concept: Applications in case-based reasoning and parametric cost estimation	2014	Automation in Construction	Construcción		Teórico	Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
Uncertainty analysis – 5 challenges with today's practice	2014	Procedia - Social and Behavioral Sciences	Construcción		Teórico	Juicio de expertos		

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Software cost estimating for CMMI Level5 developers	2015	Journal of Systems and Software	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation	2011	Int. J. Production Economics	Manufactura	Aeroespacial	Teórico	Estimación Paramétrica		
Structures and elements for the decommissioning cost estimations of nuclear research reactors	2007	Annals of Nuclear Energy	Construcción	Energía	Teórico	Estimación Ascendente		
Summarization of software cost estimation	2011	Procedia Engineering	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Factors Influencing the Construction Cost of Industrialised Building System (IBS) Projects	2012	Procedia - Social and Behavioral Sciences	Construcción		Teórico	Juicio de expertos	Estimación Paramétrica	
Fractal-COSYSMO systems engineering cost estimation for complex projects	2011	Procedia Computer Science	IT		Teórico	Estimación Paramétrica		
Fuzzy Emotional COCOMO II Software Cost Estimation (FECSCCE) using Multi-Agent Systems	2011	Applied Soft Computing	IT			Estimación Paramétrica	Software de gestión de proyectos	

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Hierarchy probability cost analysis model incorporate MAIMS principle for EPC project cost estimation	2011	Expert Systems with Applications				Estimación Paramétrica		
Hybrid morphological methodology for software development cost estimation	2012	Expert Systems with Applications				Estimación Paramétrica	Software de gestión de proyectos	
Improving the COCOMO model using a neuro-fuzzy approach	2007	Applied Soft Computing	IT			Estimación Paramétrica		
Integrating a fuzzy-logic decision support system with bridge information modelling and cost estimation at conceptual design stage of concrete box-girder bridges	2014	International Journal of Sustainable Built Environment	Construcción			Estimación Paramétrica	Software de gestión de proyectos	
Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies	2015	Automation in Construction	Construcción			Estimación Análoga		
Integrating non-parametric models with linear components for producing software cost estimations	2014	Journal of Systems and Software	IT			Estimación Paramétrica	Estimación análoga	

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Internet-based preliminary highway construction cost estimating database	2007	Automation in Construction	Construcción			Estimación Paramétrica	Software de gestión de proyectos	
Investigating Web size metrics for early Web cost estimation	2005	Journal of Systems and Software				Estimación Análoga		
Estimating the costs of implementing the rotavirus vaccine in the national immunisation programme: The case of Malawi	2014	Tropical Medicine and International Health	Salud			Estimación Ascendente		
Cost of standard indoor ultra-low-volume space spraying as a method to control adult dengue vectors	2012	Tropical Medicine and International Health	Salud			Estimación Paramétrica	Estimación análoga	
Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilisation of wines	2008	International Journal of Food Science and Technology	Manufactura			Juicio de expertos	Estimación Paramétrica	
Software cost estimation inhibitors a case study in automotive context	2010	Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice	IT			Juicio de expertos	Estimación análoga	

NOMBRE ARTÍCULO	AÑO	JOURNAL	SECTOR	SECTOR 2	ENFOQUE	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)	TECNICA(S) ESTUDIADAS O APLICADAS (SI APLICA)
Predicting construction cost using multiple regression techniques	2006	Journal of Construction Engineering and Management	Construcción		Teórico-Práctico	Estimación Paramétrica		
PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding	2010	Computers and Industrial Engineering	Manufactura		Teórico	Estimación Paramétrica		
Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers	2009	Expert Systems with Applications	Manufactura	Energía		Estimación Paramétrica		
Application of BPN with feature-based models on cost estimation of plastic injection products	2007	Computers and Industrial Engineering	Manufactura		Teórico	Estimación Paramétrica		

### MATRIZ DE REGISTRO (Parte II)

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
A multi-mode resource-constrained discrete time-cost tradeoff problem and its genetic algorithm based solution	Algoritmo Genético						China		
Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models	Redes Neuronales Artificiales	Support Vector Machine				Base de Datos	Taiwán		
A contingency estimation model for software projects	Modelo Matemático propuesto						Reino Unido		
An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering-Procurement-Construction projects	Modelo de Simulación						Japón		
Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement	Experiencia	Basado En Calculos	Basadas en Tecnicas y Experiencia			Encuestas	Reino Unido		
Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management	Simulación Monte Carlo					Base de Datos	Taiwán		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Estimate at Completion for construction projects using Evolutionary Support Vector Machine Inference Model	Support Vector Machine	Algoritmo Genético				Base de Datos	Taiwán		
Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm	Lógica Difusa						Israel		
An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects	Modelo Programación Entera	Costos ABC					Taiwán		
Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items	Redes Bayesianas	Tormenta de Ideas	Entrevistas Guiadas				Iran		
Time-cost relationship for predicting construction duration	Modelos de Regresión Lineal						Polonia		
Joint probability for evaluating the schedule and cost of stochastic simulation models	Modelo de Simulación					Simulación	Canadá		
Comparison of estimation methods of cost and duration in IT projects	Redes Neuronales Artificiales	Modelos de Regresión Lineal				Recopilación histórica de proyectos - Literatura	Israel		
Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project	Case Based Reasoning (CBR)					Base de Datos	Taiwán		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects	Modelos de Regresión Lineal					Base de Datos	Taiwán		
A cost model to estimate the effort of data mining projects (DMCoMo)	DMCoMo						España		
A factor-based probabilistic cost model to support bid-price estimation	probabilistic cost sub-model	multi-factor evaluation sub-model					Taiwán		
A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects	Simulación Monte Carlo	historical data-based estimates for work packages					Corea del Sur		
A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation	Algoritmo Genético	Case Based Reasoning (CBR)					Singapur		
An empirical study of process-related attributes in segmented software cost-estimation relationships	Algoritmo de Agrupamiento						España	Reino Unido	
Applying least squares support vector machines to the airframe wing-box structural design cost estimation	Support Vector Machine	Redes Neuronales Artificiales	least squares support vector machines (LS-SVM) method				Taiwán		
Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects	Case Based Reasoning (CBR)	Modelos de Regresión Lineal				Base de Datos	Canadá	Grecia	

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in Egypt using artificial neural network model	Redes Neuronales Artificiales						Egipto		
Probabilistic simulation for developing likelihood distribution of engineering project cost	Simulación Monte Carlo						Taiwán	USA	
Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system	Lógica Difusa						Malasia		
A case-based reasoning approach for estimating the costs of pump station projects	Case Based Reasoning (CBR)						Egipto		
Integrated Fuzzy–HMH for project uncertainties in time–cost tradeoff problem	Hybrid Meta-Heuristic	Lógica Difusa					India		
Incremental development of CBR strategies for computing project cost probabilities	Case Based Reasoning (CBR)	Simulación Monte Carlo					Singapur	Suiza	
Assessing the cost of fuel reduction treatments: A critical review							USA		
Feature weighting heuristics for analogy-based effort estimation models	Modelos de Regresión Lineal	Modelos Heurístico de asignación de peso.				Base de datos	Turquía	Canadá	

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning							Alemania	Australia	
Estimating the cost of a new technology intensive automotive product: A case study approach	Modelos de Regresión Lineal						Reino Unido		
Protecting Software Development Projects Against Underestimation	Simulación Monte Carlo						Canadá		
A Bayesian Approach to Improve Estimate at Completion in Earned Value Management	Modelo Bayesiano						Italia		
A Comparative Study of the Benefits of Applying Target Cost Contracts Between South Australia and Hong Kong	Target Cost Contracts	Guaranteed Maximum Price				Encuestas	China	Australia	
Combining probabilistic models for explanatory productivity estimation	Reglas de asociación (AR)	árboles de clasificación y regresión (CART)					Grecia		
Comparative analysis of cost estimates of major public investment projects	Gestión de la reserva	análisis de incertidumbre				Base de Datos	Noruega		
Comparison and evaluation of data mining techniques with algorithmic models in software cost estimation	COCOMO	Minería de datos	Modelos de Regresión Lineal	Redes Neuronales Artificiales	Support Vector Machine	Literatura	Iran	Turquía	

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry	Redes Neuronales Artificiales	Lógica Difusa				Literatura	Taiwán		
Cost analyses and predictions for a fuel ethanol plant in a rural and landlocked African country: Lang factor approach	Método de Lang					Recolección de información en fuente	Sur Africa		
Cost estimates for nuclear power in the UK	Promedios Históricos					Literatura	Reino Unido		
Cost estimation of a software product using COCOMO II.2000 model – a case study	COCOMO II					Base de datos	India		
Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: A conceptual approach	Simulación					Literatura;Entrevistas;Observación directa	Arabia Saudita		
Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements	Formula empírica					Literatura	Reino Unido		
Segmented software cost estimation models based on fuzzy clustering	Lógica Difusa					Base de datos	España		
Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels	Redes Neuronales Artificiales					Recolección de información	Italia		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	Estimación basada en lista de costos					Literatura	China		
Risk based Budgeting of Infrastructure Projects	Simulación					Literatura	Grecia		
Systematic construction risk, cost estimation mechanism and unit price movements	Estimación basada en lista de costos					Base de datos	Eslovenia		
Regression Model for Interior Design Cost Estimate in Preliminary Stage	Modelos de Regresión Lineal					Base de datos	Turquía		
Simulation based estimation for correlated cost elements	Simulación					Base de datos	Taiwán		
ONTOCOM: A reliable cost estimation method for ontology development projects	ONTOCOM					Encuestas	Alemania	Austria	Reino Unido
Planning level tunnel cost estimation based on statistical analysis of historical data	Análisis multivarial					Base de datos	USA		
Predicting high-tech equipment fabrication cost with a novel evolutionary SVM inference model	Support Vector Machine	Algoritmo Genético				Literatura;Base de datos	Taiwán		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models	Modelos de Regresión Lineal	Redes Neuronales Artificiales	Case Based Reasoning (CBR)			Literatura;Base de datos	Taiwán		
Quantifying the costs of a nationwide public safety wireless network	Promedios Históricos					Literatura;Base de datos	USA		
Requirement based future product cost estimation using lifecycle assessment data	Lifecycle Assessment Data					Literatura	Alemania		
The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential	Formula empírica					Base de datos	Reino Unido		
The attribute impact concept: Applications in case-based reasoning and parametric cost estimation	Modelos de Regresión Lineal	Case Based Reasoning (CBR)				Base de datos	Corea del Sur		
Uncertainty analysis – 5 challenges with today's practice	Análisis de la incertidumbre					Base de datos	Noruega		
Software cost estimating for CMMI Level 5 developers	relaciones de estimación de costos					Base de datos	usa		
Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation	Support Vector Machine	Redes Neuronales Artificiales				Literatura	Taiwán		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Structures and elements for the decommissioning cost estimations of nuclear research reactors	Factor de costo unitario					Base de datos	Corea del Sur		
Summarization of software cost estimation	COCOMO					Literatura	China		
Factors Influencing the Construction Cost of Industrialised Building System (IBS) Projects						Encuesta	Malasia		
Fractal-COSYSMO systems engineering cost estimation for complex projects	Estimación Fractal	COSYSMO				Literatura	USA		
Fuzzy Emotional COCOMO II Software Cost Estimation (FECSCCE) using Multi-Agent Systems	COCOMO II					Entrevistas	Iran		
Hierarchy probability cost analysis model incorporate MAIMS principle for EPC project cost estimation	HPCA	MAIMS					China		
Hybrid morphological methodology for software development cost estimation	MGA	MRL				Literatura	Brasil		
Improving the COCOMO model using a neuro-fuzzy approach	COCOMO	Redes Neuronales Artificiales	Lógica Difusa			Literatura	Canadá		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Integrating a fuzzy-logic decision support system with bridge information modelling and cost estimation at conceptual design stage of concrete box-girder bridges	ICPES	Lógica Difusa	MCDM			Literatura; Encuestas	Canadá		
Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies	SPARQL	BIM				Base de datos	USA		
Integrating non-parametric models with linear components for producing software cost estimations	Redes Neuronales Artificiales	Support Vector Machine	Case Based Reasoning (CBR)			Literatura; Base de datos	Grecia	Chipre	Suecia
Internet-based preliminary highway construction cost estimating database	RDBMS					Base de datos	Taiwán		
Investigating Web size metrics for early Web cost estimation						Encuestas	Nueva Zelanda	Reino Unido	
Estimating the costs of implementing the rotavirus vaccine in the national immunisation programme: The case of Malawi	Estimación Analoga	Parametric Estimation				Base de datos	Dinamarca	Reino Unido	South Africa
Cost of standard indoor ultra-low -volume space spraying as a method to control adult dengue vectors	Estimación Parametrica	No especifica				Aplicación	Tailandia		

NOMBRE ARTÍCULO	TÉCNICAS ESPECÍFICAS	2 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	3 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	4 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	5 TÉCNICAS ESPECÍFICAS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN INFORMACIÓN	PAIS 1	PAIS 2	PAIS 3
Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilisation of wines	No especifica					Literatura; Experiencia; Bases de datos	Australia		
Software cost estimation inhibitors a case study in automotive context						Literatura; Observaciones de campo; Entrevistas	Suecia		
Predicting construction cost using multiple regression techniques	Modelos de Regresión Lineal					Base de datos	Reino Unido		
PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding	Análisis Factorial	Redes Neuronales Artificiales	Optimización por enjambre de partículas			Literatura	Taiwán		
Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers	Redes Neuronales Artificiales					Literatura; Experimentación	Chile	Brasil	
Application of BPN with feature-based models on cost estimation of plastic injection products	Redes Neuronales Artificiales					Literatura; Experimentación	Taiwán		

### MATRIZ DE REGISTRO (Parte III)

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
A multi-mode resource-constrained discrete time-cost tradeoff problem and its genetic algorithm based solution	Shenyang Ligong University	Northeastern University				Peng Wuliang	Wang Chengen				
Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models	National Kaohsiung University of Applied Sciences					Yu-Ren Wang	Chung-Ying Yu	Hsun-Hsi Chan			
A contingency estimation model for software projects	University of Nottingham				Académico	Masood Uzzafer					
An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering-Procurement-Construction projects	Bunkyo University	Tokyo Institute of Technology				Nobuaki Ishii	Yuichi Takano	Masaaki Muraki			
Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement	Aston University	Heriot-Watt University			Académico	Yakubu Olawale	Ming Sun				

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management	National Taiwan University of Science and Technology				Académico	Jui-Sheng Chou					
Estimate at Completion for construction projects using Evolutionary Support Vector Machine Inference Model	National Taiwan University of Science and Technology				Académico	Min-Yuan Cheng	Hsien-Sheng Peng	Yu-Wei Wu	Te-Lin Chen		
Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm	ASSET R&D group	Ben-Gurion University of the Negev			Académico	Avner Engel	Mark Last				
An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects	National Central University	National Defense University			Académico	Wen-Hsien Tsai	Chih-Hao Yang	Jui-Chu Chang	Hsiu-Li Lee		
Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items	Bu-Ali Sina University				Académico	Vahid Khodakarami	Abdollah Abdi				
Time-cost relationship for predicting construction duration	Lublin University of Technology	AGH University of Science and Technology			Académico	A. Czarnigowska	A. Sobotka				
Joint probability for evaluating the schedule and cost of stochastic simulation models	Concordia University					Mohammed Mawlanaa	Amin Hammad				

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Comparison of estimation methods of cost and duration in IT projects	Tel Aviv University	Ariel University Center of Samaria				Stanislav Berlin	Tzvi Raz	Chanan Glezer	Moshe Zviran		
Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project	National Taiwan University of Science and Technology					Jui-Sheng Chou					
Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects	National Taiwan University of Science and Technology					Jui-Sheng Chou					
A cost model to estimate the effort of data mining projects (DMCoMo)	Universidad Politecnica de Madrid					Oscar Marbán	Ernestina Menasalvas	Covadonga Fernández-Baizán			
A factor-based probabilistic cost model to support bid-price estimation	National Chiao Tung University	R.O.C Military Academy				Wei Chih Wang	Shih Hsu Wang	Yu Kun Tsui	Ching Hsiang Hsu		
A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects	University of Seoul	Kunwon Engineering				Hyung Jin Kim	Yong Chil Seo	Chang Taek Hyun			
A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation	National University of Singapore					Y. F. Li	M. Xie	T. N. Goh			

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
An empirical study of process-related attributes in segmented software cost-estimation relationships	University of Reading	University of Alcalá				Juan J. Cuadrado-Gallego	Miguel Angel Sicilia	Miguel Garre	Daniel Rodríguez		
Applying least squares support vector machines to the airframe wing-box structural design cost estimation	National Defense University					S. Deng	Tsung-Han Yeh				
Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects	Queen's University	School of Mining and Metallurgical Engineering				Chrysothemis Paraskevo poulou	Andreas Benardos				
Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in Egypt using artificial neural network model	Zagazig University	Arab Academy for Science and Technology and Maritime Transport				Hany Shoukry Tawfek	Hossam El-Deen H. Mohammed	Mohamed E. Abdel Razek			
Probabilistic simulation for developing likelihood distribution of engineering project cost	National Taiwan University of Science and Technology	University of Kansas				Jui-Sheng Chou	I-Tung Yang	Wai Kiong Chong			
Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system	Universiti Teknologi PETRONAS					Arazi Idrus	Muhammad Fadhil Nuruddin	M. Arif Rohman			

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIÓ N 2	INSTITUCIÓ N 3	INSTITUCIÓ N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
A case-based reasoning approach for estimating the costs of pump station projects	Cairo University					Mohamed M. Marzouk	Rasha M. Ahmed				
Integrated Fuzzy–HMH for project uncertainties in time–cost tradeoff problem	Jaypee University of Information Technology	Dayalbagh Educational Institute				Bhupendra Kumar Pathaka	Sanjay Srivastava				
Incremental development of CBR strategies for computing project cost probabilities	National University of Singapore	Tekhne Management SA	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne		Academico-Industrial	B. Raphael	B. Domer	S. Saitta	I.F.C. Smith		
Assessing the cost of fuel reduction treatments: A critical review	U.S. Forest Service					Bob Rummer					
Feature weighting heuristics for analogy-based effort estimation models	Bogazici University	National Research Council				Ayse Tosun	Burak Turhan	Ayse Basar Bener			
Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning	Institute of Space Systems	Monash University				O. Trivailo	M. Sippel	Y.A. Sekercioglu			
Estimating the cost of a new technology intensive automotive product: A case study approach	Cranfield University	Ford Motor Company			Academico-Industrial	Rajkumar Roy	Scott Colmer	Terry Griggs			

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIÓN N 1	INSTITUCIÓN N 2	INSTITUCIÓN N 3	INSTITUCIÓN N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Protecting Software Development Projects Against Underestimation	Université du Québec					Eduardo Miranda	Alain Abran				
A Bayesian Approach to Improve Estimate at Completion in Earned Value Management	Politecnico di Milano	CNR-IMATI	BvTech S.p.A			Franco Caron	Fabrizio Ruggeri	Alessandro Merli			
A Comparative Study of the Benefits of Applying Target Cost Contracts Between South Australia and Hong Kong	The Hong Kong Polytechnic University	The University of Hong Kong	University of South Australia	Built Environs		Daniel W. M. Chan	Patrick T. I. Lam	Joseph H. L. Chan	Tony Ma	Thomas Perkin	
Combining probabilistic models for explanatory productivity estimation	Aristotle University of Thessaloniki					S. Bibi	I. Stamelos	L. Angelis			
Comparative analysis of cost estimates of major public investment projects	The Norwegian University of Science and Technology	SINTEF Technology and Society				Ole M. Magnusson	Nils O.E. Olsson				
Comparison and evaluation of data mining techniques with algorithmic models in software cost estimation	Islamic Azad University Shabestar Branch	Hacettepe University			Academia	Zeynab Abbasi Khalifelu	Farhad Soleimani Gharehchogh				

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIÓN N 1	INSTITUCIÓN N 2	INSTITUCIÓN N 3	INSTITUCIÓN N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry	National Taiwan University of Science and Technology					Min-Yuan Cheng	Hsing-Chih Tsai	Erick Sudjono			
Cost analyses and predictions for a fuel ethanol plant in a rural and landlocked African country: Lang factor approach	Stellenbosch University	University of Cape Town			Academia	B. Amigun	H. von Blotnitz				
Cost estimates for nuclear power in the UK	Renewable Energy Systems Limited	Imperial College Centre for Energy Policy and Technology			Academia-Industria Privada	Grant Harris	Phil Heptonstall	Robert Gross	David Handley		
Cost estimation of a software product using COCOMO II.2000 model – a case study	Anna University				Academia-Industria Privada	R. Dillibabu	K. Krishnaiah				
Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: A conceptual approach	King Faisal University				Academia	Mansour N. Jadid	Mohammad M. Idrees				
Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements	Cranfield University				Academia-Industria Privada	R. Roy	P. Souchoroukov	E. Shehab			

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Segmented software cost estimation models based on fuzzy clustering	University of Huelva	University of Alcala	University of sevilla		Academia	Javier Aroba	Juan J. Cuadrado Gallego	Miguel Angel Sicilia	Isabel Ramos	Elena Garcia	
Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels	University of L' Aquila				Academia	Antonio C. Caputo	Pacifico M. Pelagagge				
Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	Tsinghua University				Academia	Ma, Zhiliang	Wei, Zhenhua	Zhang, Xiude			
Risk based Budgeting of Infrastructure Projects	Aristotle University of Thessalonik i				Academia	Xenidis, Yiannis	Stavrakas, Eleftherios				
Systematic construction risk, cost estimation mechanism and unit price movements	University Malibor				Academia	Makovšek, Dejan					
Regression Model for Interior Design Cost Estimate in Preliminary Stage	Kadir Has University				Academia	Yazicioglu, Deniz Ayse					
Simulation based estimation for correlated cost elements	Tamkang University				Academia	I-Tung Yang					

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIÓN N 1	INSTITUCIÓN N 2	INSTITUCIÓN N 3	INSTITUCIÓN N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
ONTOCOM: A reliable cost estimation method for ontology development projects	Karlsruhe Institute of Technology	University of Innsbruck	University of Southampton	Salzburg Research	Academia	Simperl, Elena	Bürger, Tobias	Hangl, Simon	Wörgl, Stephan	Popov, Igor	
Planning level tunnel cost estimation based on statistical analysis of historical data	The Pennsylvania State University	New Mexico Institute of Mining and Technology			Academia-Industria Privada	Sepehrmanesh, Mahmoud	Gharahbagh, Ehsan Alavi	Mojtabai, Navid			
Predicting high-tech equipment fabrication cost with a novel evolutionary SVM inference model	National Taiwan University of Science and Technology				Academia-Industria Privada	Jui-Sheng Chou	Cheng, Min Yuan	Wu, Yu W.	Tai, Yian		
Predicting the development cost of TFT-LCD manufacturing equipment with artificial intelligence models	National Taiwan University of Science and Technology	Contrel Technology Corporation			Academia-Industria Privada	Jui-Sheng Chou	Tai, Yian	Chang, Lian J.			
Quantifying the costs of a nationwide public safety wireless network	Carnegie Mellon University				Academia	Ryan Hallahan	Jon M. Peha				
Requirement based future product cost estimation using lifecycle assessment data	RWTH Aachen University				Academia	Jan Erik Heller	Manuel Löwer	Jörg Feldhusen Chair			
The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential	Lancaster University	Lancaster Environment Centre			Academia	G.A. Aggidis	E. Luchinskaya	R. Rothschild	D.C. Howard		

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
The attribute impact concept: Applications in case-based reasoning and parametric cost estimation	Seoul National University	Ministry of National Defense Korea	Gachon University		Academia-Gobierno	Joseph Ahn	Sae-Hyun Ji	Moonsoo Park	Hyun-Soo Lee	Sooyoung Kim	Sang-Wook Suh
Uncertainty analysis – 5 challenges with today's practice	SINTEF	Faveo prosjektledelse	NTNU		Academia-Industria Privada	Agnar Johansen	Bettina Sandvin	Olav Torp	Andreas Økland		
Software cost estimating for CMMI Level 5 developers	Naval Center for Cost Analysis	George Mason University			Academia	Corinne C. Wallsheina	Andrew G. Loerch				
Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation	National Defense University				Academia	S. Deng	Tsung-HanYeh				
Structures and elements for the decommissioning cost estimations of nuclear research reactors	Korea Atomic Energy Research Institute				Academia	KwanSeong Jeong	DongGyu Lee	ChongHun Jung	KuneWoo Lee Devison		
Summarization of software cost estimation	Chongqing University of Science & Technology	Henan Institute of Science & Technology			Academia	Xiaotie Qin	Miao Fang				
Factors Influencing the Construction Cost of Industrialised Building System (IBS) Projects	Universiti Teknologi MARA	Universiti Putra Malaysia			Academia-Gobierno	Nor Azmi Ahmad Bari	Rosnah Yusuff	Napsiah Ismail	Aini Jaapar	norizan Ahmad	

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Fractal-COSYSMO systems engineering cost estimation for complex projects	Research Institute for Manufacturing and Engineering Systems	University of Texas at El Paso			Academia	Manish Khadtare	Eric Smith				
Fuzzy Emotional COCOMO II Software Cost Estimation (FECSCE) using Multi-Agent Systems	University of Isfahan					M. Kazemifard	A. Zaeri	N. Ghasem-Aghaee	M.A. Nematbakhs h	F. Mardukhi	
Hierarchy probability cost analysis model incorporate MAIMS principle for EPC project cost estimation	University of Chemical Technology	Sinopec Engineering Company				Xiangbai Gu	Zhiqiang Geng	Wenxing Xu	Qunxiong Zhu		
Hybrid morphological methodology for software development cost estimation	Federal University of Pernambuco					Ricardo de A. Araújo	Sergio Soares	Adriano L.I. Oliveira			
Improving the COCOMO model using a neuro-fuzzy approach	University of Western Ontario	Motorola Canada Ltd.			Academia-Industria Privada	Xishi Huang	Danny Ho	Jing Ren	Luiz F. Capretz		
Integrating a fuzzy-logic decision support system with bridge information modelling and cost estimation at conceptual design stage of concrete box-girder bridges	University of Ottawa				Academia	Nizar Markiz	Ahmad Jrade				

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIÓN N 1	INSTITUCIÓN N 2	INSTITUCIÓN N 3	INSTITUCIÓN N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies	Marquette University				Academia	Mehrdad Niknam	Saeed Karshenas				
Integrating non-parametric models with linear components for producing software cost estimations	Aristotle University of Thessaloniki	University of Cyprus	Swedish Institute of Computer Science	Cyprus University of Technology	Academia	Nikolaos Mittas	Efi Papatheocharous	Lefteris Angelis	Andreas S. Andreou		
Internet-based preliminary highway construction cost estimating database	National Chung Cheng University				Academia	Jui-Sheng Chou	James T. O'Connor				
Investigating Web size metrics for early Web cost estimation	The University of Auckland	Okki Software	University of London		Academia-Industria Privada	Emilia Mendes	Nile Mosley	Steve Counsell			
Estimating the costs of implementing the rotavirus vaccine in the national immunisation programme: The case of Malawi	University of Copenhagen	London School of Hygiene and Tropical Medicine	Monash University		Teórico y Práctico	Lizell B. Madsen	Marte Ustrup	Kristian S. Hansen	Peter S. Nyasulu	C. Bygbjerg	
Cost of standard indoor ultra-low volume space spraying as a method to control adult dengue vectors	Office of Disease Prevention and Control	Prince of Songkla University	Thaksin University		Teórico y Práctico	Thanittha Ditsuw an	Tippawan Liabsuetrakul	Vallop Ditsuw an	Suwich Thammapalo		
Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilisation of wines	Adelaide University	Berri Estates Winery	The Australian Wine Research Institute		Academia-Industria Privada	Lin Lin Low	Brian O'Neill	Chris Ford	Jim Godden	Mark Gishen	Christopher Colby

NOMBRE ARTÍCULO	INSTITUCIO N 1	INSTITUCIO N 2	INSTITUCIO N 3	INSTITUCIO N 4	SECTOR INVOLUCRADO	AUTOR 1	AUTOR 2	AUTOR 3	AUTOR 4	AUTOR 5	AUTOR 6
Software cost estimation inhibitors a case study in automotive context	Computer Science and Engineering				Academia- Industria Privada	Ana Magazinius	Joakim Pernstal	Peter Ohman			
Predicting construction cost using multiple regression techniques	University Of Manchester	Halcrow Group Ltd			Academia- Industria Privada	Emsley, Low e, David Margaret W		Harding, Anthony			
PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding	National Taipei University of Technology				Academia	Z.H. Che					
Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers	Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso	Universidad de Passo Fundo			Academia	Orlando Durana	Nibaldo Rodriguez	Luiz Airton Consalter			
Application of BPN with feature-based models on cost estimation of plastic injection products	National Taipei University of Technology				Academia	H.S. Wang					