

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

Laboratorio de Gestión de Proyectos



***Título: “Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de
Proyectos de Software”.***

**Trabajo Final presentado en opción al título de
Máster en Gestión de Proyectos Informáticos**

Autor: Ing. Marieta Peña Abreu.

Tutor: Dr.C Pedro Yobanis Piñero Pérez

La Habana, Octubre del 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a mis padres y a mi abuela Lola, que son y serán siempre mi fuente de inspiración cada día de mi vida.

A mi novio Carlos Rafael quien ha sido mi amor, mi compañero y sin él este sueño no hubiese sido posible.

A mi tutor Pedro quien ha sido mi amigo y mi guía profesional.

A los profesores de la maestría que han contribuido en mi formación y en especial al profesor Roberto Delgado.

A Fidel y a la revolución cubana que me han dado la posibilidad de ser quien soy hoy.

A todos los que han colaborado en el desarrollo de la presente investigación.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Marieta Peña Abreu, con carné de identidad 86070409939 soy el autor principal del trabajo final de maestría Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de proyectos de software, desarrollada como parte de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en Ciudad de La Habana a los ___ días del mes de octubre del año 2012.

Marieta Peña Abreu

Firma del autor

RESUMEN

La necesidad del perfeccionamiento en la obtención del producto con mayor calidad, menor costo y en menor período de tiempo conlleva a una correcta selección de proyectos. En la siguiente investigación se propone un modelo para realizar análisis de factibilidad en el orden técnico, económico y comercial, a proyectos de software, basado en técnicas de *soft computin*, para evaluar los mismos desde la plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO. El modelo contiene dos fases iniciación y evaluación donde a partir de criterios técnicos, económicos y comerciales, se aplican métodos de evaluación para finalmente a través de un sistema de inferencia borroso obtener como salida un listado de proyectos evaluados según el orden de factibilidad arrojado por la herramienta. El desarrollo de la propuesta permite incluir nuevas facilidades en la plataforma GESPRO para realizar estudios de factibilidad, así como una mayor integración de este proceso en el ciclo de vida los proyectos. Se evalúan las variables definidas en la investigación obteniéndose resultados satisfactorios. La utilización del modelo y la herramienta en sí permitirán realizar proyectos con mayor seguridad de los beneficios que brinden, así como realizar una mejor planificación de los recursos existentes para su desarrollo.

ABSTRACT

The need for improvement in production processes, seeking to obtain products with higher quality, lower cost and shorter period of development, leads to a correct selection of projects, necessary in the prioritization of investments. The following research proposes a model for feasibility analysis in the technical, economic and commercial in software projects based on soft computing techniques to assess it from the Project Management platform GESPRO. The model contains two phases: initiation and evaluation where from criteria evaluation methods are applied for through a fuzzy inference system to obtain the final output is a list of projects evaluated in the order yielded by the tool. The development of new facilities proposed covers the GESPRO platform to conduct feasibility studies and further integration of this process in the project life cycle. We evaluate the variables defined in the research with satisfactory results. Using the model and the tool I will allow for greater security projects that yield benefits and better planning of existing resources for its development.

ÍNDICE

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
ÍNDICE	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	7
1.1 MODELOS PARA LA EVALUACIÓN INDIVIDUAL DE PROYECTOS.....	10
1.2 MODELOS PARA LA EVALUACIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS.....	19
1.3 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN GENERAL.....	21
1.4 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO.....	27
CAPÍTULO 2: APORTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
2.1 MODELO DE FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE SOFTWARE BASADO EN TÉCNICAS DE SOFT COMPUTING.....	28
2.2 DEFINICIÓN Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE FACTIBILIDAD	30
2.3 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO.....	49
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	50
3.1 COMPARACIONES RESPECTO A LAS VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.....	50
3.2 ANÁLISIS DE APLICACIÓN	56
3.3 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PROPUESTA	64
3.4 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO.....	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS	75

INTRODUCCIÓN

Antecedentes y situación problemática

Al revisar la historia de la especie humana resulta fácil percatarse que los proyectos han surgido con la propia capacidad del pensamiento humano, tal vez no se encuentre una historia completamente definida, pero si algo es seguro es que éste proceso ha ocurrido según el transcurso y el desarrollo de la historia de la humanidad.

En el curso de la evolución del pensamiento del hombre se pueden encontrar complejas obras constructivas como las antiguas pirámides de Egipto entre otras. Al apreciar estas maravillosas construcciones se puede decir que el hombre sin lugar a dudas tenía objetivos bien definidos(RODRÍGUEZ 2002).Podría decirse que los realizadores de estas obras, fueron los primeros jefes de proyectos que se conocen. Estas obras han sido ejemplos de cómo a través de metodologías, técnicas y procesos de desarrollo, la gestión de proyectos fue convirtiéndose en una disciplina propia tal cual es en la época actual, donde se denomina gestión de proyectos moderna(PALACIO 2006).

En los últimos años esta ha evolucionado progresivamente, convirtiéndose en la actualidad en un área del conocimiento interdisciplinaria donde las técnicas de dirección y de gestión de recursos humanos, así como los conocimientos técnicos del área específica de aplicación se funden en un sistema único de trabajo, dirigido por un líder. En los días actuales la aceleración de la evolución de productos, de mercados, de estructuras y capacidades coloca en un lugar importante a la gestión de proyecto dentro del desarrollo de software. Uno de los aportes más significativo en los últimos años a la Gestión de Proyectos de Software ha sido la creación de numerosos Institutos de altos estudios que han enfocado sus esfuerzos en la formalización de nuevos métodos de organización y trabajo. Dentro de estas instituciones pueden citarse al *Project Management Institute (PMI)* y *el International Project Management Association (IPMA)*, ambos fundados en 1965. Desde su surgimiento han estado trabajando en la publicación de estándares profesionales para la Gestión de Proyectos, siendo las más relevantes: el PMBOK (*Project Management Institute*) estándar de gestión de proyectos del PMI (Instituto para la Gestión de Proyectos)(PMI 2006), la norma ISO-10006 del 2003 y Prince2¹ (Metodología de dirección de proyectos para un entorno controlado) publicada en 1989.

Según reportes recientes(PÉREZ 2009) la planificación de los proyectos de inversión apenas ha variado en las empresas desde los años 20. No se anticipan sus necesidades futuras, sino que

¹PRINCE, *Projects in Controlled Environments*

asignan el presupuesto que estiman necesario para cada proyecto individual. La inversión adecuada en proyectos se ha convertido en un elemento fundamental de la competitividad. Es imprescindible anticipar las dificultades previsibles y por consiguiente poner en juego los medios necesarios y soluciones técnicas a fin de que la ejecución de la obra en cuestión se realice en con las debidas condiciones de costo, calidad y tiempo. La decisión de acometer un proyecto entraña siempre un riesgo y supone la adjudicación de recursos importantes, por lo cual no es sensato lanzarse a la ejecución del proyecto sin antes realizar los estudios pertinentes, que confirmen la viabilidad y factibilidad del mismo(PEREÑA 1996). La disciplina en la gestión de proyectos encargada del análisis de factibilidad es la Evaluación de Proyectos.

La evaluación de proyectos ha evolucionado a lo largo de los años, anteriormente el proceso de selección de proyectos era fácilmente manejable por sus pequeñas dimensiones. Al crecer la competencia a nivel mundial entre las empresas de desarrollo de software se hace imprescindible la utilización de nuevos modelos que exigen mayor competitividad para una mejor distribución de recursos y planificación del desarrollo de software(CARAZO 2008).

La selección de buenos proyectos es quizás uno de los problemas más cruciales que enfrentan las organizaciones encargadas de promover la ciencia y la tecnología. En los últimos tiempos son grandes los esfuerzos de las agencias internacionales, las organizaciones no gubernamentales y otras entidades por mejorar la gestión y sobre todo el impacto que generan los proyectos de desarrollo en las poblaciones, comunidades y pueblos. Todavía son pocas las entidades que lo asumen como una práctica generalizada y mucho menos la necesidad de generalizar las experiencias sistematizadas que puedan servir al aprendizaje colectivo(NAVARRO 2010).

Cuba no se encuentra ajena a la necesidad de realizar estudios de factibilidad antes de iniciar sus proyectos por dos razones fundamentales minimizar futuros riesgos con la ejecución de los mismos y anticipar viabilidad económica, técnica, comercial así como identificar beneficios sociales. En el discurso pronunciado por el General de Ejército Raúl Castro Ruz, Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, en la clausura del Sexto Período Ordinario de Sesiones de la Séptima Legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular, en el Palacio de Convenciones una vez más advirtió la necesidad de realizar estudios de factibilidad antes de ejecutar ningún proyecto(RUZ 2010).

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) cada año se ejecutan un número considerable de proyectos nacionales y de exportación, los cuales necesariamente deben ser evaluados antes de iniciarse. La UCI se encuentra aún como una institución en proceso de madurez en algunos temas, lo cual trae consigo la ejecución de algunos procesos de manera ineficiente. No obstante el número de proyectos a realizar cada año es mayor, existiendo en

ocasiones déficit de personal calificado para trabajar en un determinado proyecto así como los recursos materiales. Según estudios realizados (CASTRO 2010) la ejecución de los proyectos se realizan en su mayoría sin un estudio de factibilidad profundo lo que trae posteriormente consecuencias negativas, paralelamente a esto los métodos de evaluación para la selección de proyectos informáticos están en constante perfeccionamiento, los principales gerentes de proyectos carecen de conocimientos de la existencia de modelos, procedimientos y herramientas para el estudio de factibilidad, trayendo consigo que temas como la gestión de riesgos y la factibilidad técnica en general no se tratan adecuadamente. Adicionalmente la empresa comercializadora de la UCI, ALBET posee un procedimiento para la aceptación de las solicitudes de negocio, pero el mismo no contiene todos los elementos que se deben tener en cuenta para el estudio de factibilidad, además solo menciona que debe hacerse pero no dice cómo debe hacerse (CASTRO 2010). Por otra parte los estándares internacionales no se encuentran completamente implantados y generalizados, se carece de un área dentro de la universidad especializada en el tema. Los modelos de evaluación existentes no se ajustan al modelo de producción de la UCI convergiendo la mayoría a temas de factibilidad económica engorrosos.

En el año 2010 se presentaron dos tesis de maestría que propusieron un métodos para evaluar proyectos y priorizarlos (CASTRO 2010), (TAMAYO 2010) la aplicación de estos resultados no se lograron generalizar, dentro de sus principales debilidades se encuentran que están basadas sobre métodos deterministas y tratan insuficientemente el ruido de la información, por lo cual esta problemática sigue vigente, provocando que se ejecuten los proyectos sin realizarse este importante análisis. Adicionalmente en los últimos años a nivel internacional se ha potenciado la utilización de técnicas de *soft computing* para obtener resultados más certeros en la toma de decisiones, estos trabajos anteriores también carecen de este tipo de técnicas.

La UCI para facilitar el trabajo de los especialistas ha desarrollado un Paquete para la Gestión de Proyectos (GESPRO en lo adelante), el mismo es una plataforma integrada a la cual se integran la red de centros de la universidad (UCI 2012) Éste paquete actualmente no incluye facilidades para el análisis de factibilidad lo cual afecta darle un seguimiento desde sus inicios a los proyectos desde esta plataforma integrada.

Problema Científico de la Investigación: Las insuficiencias de los métodos de análisis de factibilidad para proyectos de software en la plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO que utiliza la red de centros de la universidad, no garantizan que se logre un adecuado análisis de la factibilidad técnica, comercial y económica de las soluciones informáticas, ni la integración de estos análisis con el ciclo de vida de los proyectos.

Objeto de Investigación: Gestión de Proyectos de software

Objetivo general: Elaborar e implementar un modelo de análisis de factibilidad técnica, económica y comercial, basada en técnicas de soft computing, para evaluar proyectos de software contribuyendo a la integración de este análisis con el ciclo de vida de los proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Objetivos Específicos

- Elaborar el marco teórico de la investigación.
- Elaborar un modelo de factibilidad técnica, económica y comercial para la evaluación de proyectos de software basado en técnicas de soft computing.
- Validar el modelo propuesto en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO empleada por la red de centros de la universidad.

Campo de Acción: Análisis de factibilidad de proyectos de software

Tipo de Investigación

Descriptiva: Se realiza una descripción detallada del estudio de factibilidad que se realiza a los proyectos de software, proponiéndose un modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos que permita obtener proyectos mejor seleccionados y evaluados. Se realiza la evaluación de proyectos reales estimando la factibilidad de los mismos a partir del conocimiento previo de los expertos y de los métodos existentes.

Hipótesis: Si se desarrolla un modelo de análisis de factibilidad para evaluar proyectos de software que permita solucionar las deficiencias de los métodos actuales y se implementa en la plataforma GESPRO se mejorarán las facilidades para el análisis de la factibilidad técnica, comercial y económica, así como la integración de estos análisis con el ciclo de vida de los proyectos.

Definición de variables

Variable independiente (VI): Modelo de factibilidad para evaluar proyectos de software.

Variable dependiente (VD):

- Mejora en los métodos de análisis de la factibilidad técnica en GESPRO.
- Mejora en los métodos de análisis de la factibilidad comercial en GESPRO
- Mejora en los métodos de análisis de la factibilidad económica en GESPRO
- Mayor integración del proceso de análisis de factibilidad con el ciclo de vida de los proyectos

Muestreo: Se toma como población para esta investigación un conjunto de 15 proyectos terminados de la red de centros de producción de la UCI para el escenario nacional en el año

2011, tomándose como muestra un total de 6 proyectos de los cuales existen datos suficientes para realizar el análisis de factibilidad y comparar los resultados arrojados por la propuesta de solución con los resultados reales de éxito de estos. Esta muestra fue tomada de forma no probabilística, determinística teniendo en cuenta los proyectos con mayor historial y que permitieran poder realizar un mejor estudio comparativo. La muestra seleccionada se corresponde con el 40% de la población.

Diseño de la investigación: En la presente investigación se desarrollan preexperimentos, no existe un grupo de control o patrón para realizar las comparaciones entre los resultados. Se aplica el modelo propuesto a toda la muestra. Este se aplica a partir de su implementación en la versión 12.05 de GESPRO. Se comparan los resultados antes de la aplicación del método y luego de aplicado este para comprobar la efectividad de la propuesta. Se compara además el modelo propuesto con otros modelos presentados en la bibliografía.

Análisis estadístico a realizar: Para las pruebas de comparación se utiliza el test de *Wilcoxon* para la comparación de las muestras, realizando un análisis de cada de ellas identificando las diferencias entre ellas, así como las ventajas y desventajas.

Instrumentos

Ficha para los proyectos: donde se recogen todos los datos necesarios de los proyectos para posteriormente poder aplicar el modelo.

Aporte práctico de la investigación: Modelo de análisis de factibilidad técnica, económica y comercial de proyectos de software y su implementación en el sistema GESPRO que puede ser utilizado en diferentes escenarios de aplicación en la gestión de proyectos informáticos.

Listado de publicaciones, eventos y avales de la investigación.

1. Piñero, P., López D., Peña M. et al. Paquete de herramientas para la ayuda en la toma de decisiones y el desarrollo de sistemas inteligentes. Serie Científica Interna de la Universidad de las Ciencias Informáticas, octubre 2007.
2. Yarina Amoroso, Peña M. Construyendo el Gobierno electrónico en la sociedad cubana. Artículo: "Propuesta de estandarización de documentos jurídicos en virtud de procesos judiciales", Libro publicado por la UNESCO, ISBN: 9789597066657, junio 2011.
3. Peña M, Leyva, Y. Piñero, P. Propuesta de Modelo de Pre Factibilidad para la Evaluación de Proyectos de Software. V Conferencia Científica UCIENCIA, La Habana. febrero /2010]
4. Peña M, Piñero, P. Modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software. Simposio: Informática y Matemática para el desarrollo. V Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín, ISBN: 978-959-16-1329-5, abril 2011

5. Peña M, Colectivo de autores. Sistema de Informatización de la Gestión de las Fiscalías. VIII Conferencia Internacional de Derecho e Informática, ISBN: 978-959-286-019-3 Ciudad de La Habana, Cuba, noviembre 2011
6. Peña M, Piñero, P. Modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software. V Conferencia Internacional de Gestión de Proyectos. México , abril 2011
7. Peña M, Piñero, P. Modelo de factibilidad para la conformación de portafolios de proyectos de software con mayor probabilidad de éxito”. Convención Científica Internacional. Ciudad de Matanzas, Cuba, noviembre 2011
8. Peña M, Piñero, P. Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de Proyectos de Software. VI Conferencia Científica UCIENCIA en la modalidad presencial. Ciudad de La Habana, Cuba. Febrero 2012
9. Peña M. Rol Analista, Jefa de Equipo: Módulo de Inspección a Centros Penitenciarios, Proyecto: Sistema de Gestión Fiscal Fase I. Número de Registro: 195-2012

Estructura de la tesis

En el primer capítulo se realiza un estudio sobre las principales tendencias de los análisis de factibilidad de proyectos, identificando las principales ventajas y desventajas de cada uno. En el segundo capítulo se propone un modelo de análisis de factibilidad, para evaluar proyectos de software, basado en técnicas de soft computing. En el tercer capítulo se presentan los resultados de aplicar el modelo a partir de su implementación en la plataforma GESPRO. Se evalúan proyectos reales con la herramienta y se comparan los resultados arrojados con los resultados históricos de los mismos. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

Introducción

En el presente capítulo se muestra un estudio del estado del arte de las principales tendencias en cuanto a técnicas, métodos, herramientas, factibilidad técnica, económica y comercial, además de metodologías y modelos de evaluación agrupados por regiones. Es de suma importancia realizar un estudio minucioso de la bibliografía existente sobre el tema de la investigación, para de esta forma conocer el conocimiento existente del mismo, los principales autores que han trabajado en el tema y las tendencias mundiales existentes. Se realiza un análisis crítico de la bibliografía consultada y se muestra la posición del autor.

Análisis bibliométrico

En esta sección se realiza un análisis de las bibliografías consultadas identificando las principales fuentes y escuelas del área. Dentro de la revisión se destaca fundamentalmente el estudio de artículos en revistas referenciadas donde se tratan fundamentalmente las aplicaciones del método AHP, así como la utilización de técnicas de *soft computing*, para una mejor selección de alternativas. Las referencias son generalmente a partir del año 2000, encontrándose marcadas evidencias a partir de estos años la necesidad de aplicar técnicas para la selección, donde se tenga en cuenta la incertidumbre de la información así como la utilización de métodos cuantitativos y cualitativos para la selección de alternativas.

Tabla 1 Análisis bibliométrico. (Elaboración propia)

	Últimos 5 años	Años anteriores
Libros y monografías	5	7
Tesis de doctorados	1	2
Tesis de maestrías	3	
Artículos en la <i>Web of Science</i> , SCOPUS	12	29
Artículos publicados en la web	10	4
Reportes técnicos y conferencias	4	3
Total de Referencias	80	

Conceptos generales.

A continuación se presenta la definición de conceptos elementales para la comprensión de la investigación relacionados con la temática abordada. El análisis profundo de cada contenido permite un mejor entendimiento de la investigación.

Proyecto: "Célula básica para la organización, ejecución, financiamiento y control de actividades vinculadas a la actividad científica, el desarrollo tecnológico, la innovación tecnológica, la presentación de servicios científicos y tecnológicos de alto nivel de especialización, las producciones especializadas, la formación de recursos humanos, la gerencia y otras, que materializan objetivos y resultados propios o de los programas que están insertados y que tienen a su disposición un grupo de recursos materiales y humanos para lograr en un tiempo determinado los objetivos propuestos"(CITMA 2003).

Proyecto informático: De la definición de proyectos, vista en el punto anterior, se puede aplicar a los proyectos informáticos; y decir que: "un proyecto informático es un sistema de cursos de acción simultáneos y/o secuenciales que incluye personas, equipamientos de hardware, software y comunicaciones, enfocados en obtener uno o más resultados deseables sobre un sistema de información en un tiempo limitado" (PERISSÉ 2001).

Portafolio o Cartera de Proyecto: Es un conjunto de proyectos que, llevados a cabo en un determinado periodo de tiempo, comparten una serie de recursos y entre los que pueden existir relaciones de complementariedad, incompatibilidad y sinergias producidas por compartir costes y beneficios derivados de la realización de más de un proyecto a la vez. Ello implica que no es suficiente comparar un proyecto con otro, sino que es necesario comparar grupos de proyectos, buscando la cartera de proyectos eficiente que mejor se adapte a las necesidades de la organización(CHIEN 2009).

Gestión de proyectos: La dirección de proyectos es la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. Se aplican e integran los procesos de dirección de proyectos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre. En este proceso el director del proyecto es la persona responsable de alcanzar los objetivos del proyecto(PMI 2004).

Factibilidad: Se realiza al mismo tiempo que se ejecuta el proyecto de acuerdo con los resultados que se obtienen y ayuda a decidir si se realiza la inversión para introducir los resultados(HERNANDEZ 2002).

Evaluación de proyectos: Proceso por el cual se determina el establecimiento de cambios generados por un proyecto a partir de la comparación entre el estado actual y el estado previsto en su planificación(HERNANDEZ 2002).

Estudios de factibilidad en la actualidad

El correcto estudio de factibilidad de un proyecto constituye hoy en día una necesidad imperiosa antes de comenzar el desarrollo. A partir de éste se valora cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de destinar recursos a un proyecto que puede ser un éxito o un total fracaso. De la evaluación depende conocer el impacto que tendrá el proyecto en el desarrollo de la sociedad y en la economía del país. Numerosos autores le prestan especial importancia desde la óptica económica-financiera solamente, sin embargo los factores técnicos y comerciales se le deben prestar igual atención por la importancia actual que tienen(ALMAGUER 2009).

Para realizar una buena argumentación de un estudio de factibilidad según diferentes autores se deben tener en cuenta los componentes esenciales: análisis técnico, económico, social y comercial (ALMAGUER 2009),(ACEVEDO 2010)(DELGADO 2012).

A continuación se expresan los conceptos de factibilidad que se tienen en cuenta en el desarrollo de la presente investigación:

Factibilidad técnica: Contendrá toda aquella información que permita establecer la infraestructura necesaria para atender su mercado objetivo, así como cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación de la entidad en formación (ALMAGUER 2009).

Para realizar este estudio de factibilidad técnica se debe tener en cuenta la organización empresarial, la localización de donde se va a implantar la solución, así como el marco legal y los beneficios sociales, entre otros. Un aspecto esencial a tener en cuenta son los aspectos tecnológicos, la correcta selección de la tecnología depende de este estudio, así como los beneficios sociales que puedan brindar.

Factibilidad económica: Los objetivos de esta área son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan los análisis técnicos y comerciales, elaborar cuadros analíticos y antecedentes adicionales para valorar su rentabilidad (ACEVEDO 2010).

El estudio económico lleva consigo la identificación de todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que pueden que puedan deducirse. Se debe hacer un desglose de los componentes financieros teniendo en cuenta las necesidades totales de capital, así como activos fijos tangibles e intangibles y fuentes de financiamiento.

Factibilidad comercial: El estudio de mercado se puede definir como la función que vincula a los consumidores con el encargado de estudiar el mercado a través de la información, la cual se utiliza para identificar y definir tanto las oportunidades como las amenazas del entorno; para generar y evaluar las medidas de mercado así como para mejorar la comprensión del proceso.

Éste, por su carácter preliminar, constituye un sondeo de mercado, antes de incurrir en costos innecesarios (ALMAGUER 2009).

El estudio de mercado constituye un apoyo para los niveles de decisión correspondientes en la empresa aunque éste, no garantiza una solución en todos los casos, persigue fundamentalmente los objetivos: conocer la demanda, conocer consumidores potenciales, productos sustitutivos entre otros.

Conclusiones parciales

A partir de la importancia y de la necesidad de realizar diferentes estudios de factibilidad a los proyectos en general expresada por diferentes autores, se propone en la presente investigación, en el ámbito de un proyecto informático realizar los estudios factibilidad técnica, económica y comercial, dado los objetivos que persiguen estos estudios y los beneficios que reportan para la posterior ejecución de los proyectos.

Modelos para la evaluación de proyectos

Existen varias técnicas para evaluar proyectos y los autores las agrupan en diferentes tipos de clasificaciones, en la bibliografía se le presta especial atención fundamentalmente a los técnicas cuantitativos basadas esencialmente en métodos económicos (URDA 1998), (ORAMAS 2005). Otros que cobran importancia son las técnicas cualitativas basadas en métodos de expertos entre otros (CASTRO 2010).

De acuerdo al estudio realizado de cada uno de los métodos se ha hecho una selección de ellos agrupándolos según su aplicación en dos grupos: para la evaluación de los proyectos de forma individual y a partir de una cartera, facilitando así la selección de estos en el proceso de evaluación del siguiente capítulo. Ver Anexo 1

1.1 Modelos para la evaluación individual de proyectos

Modelos económicos

Estos métodos evalúan los proyectos en función de su sostenibilidad financiera (ingresos y costes económicos) en el tiempo, sin incluir en su valoración aspectos no cuantificables económicamente. Las técnicas utilizadas permiten seleccionar los proyectos teniendo en cuenta el movimiento de flujo de dinero que se prevé tendrá cada uno a lo largo de todo su ciclo de vida, para lo que es necesario establecer o estimar cuáles serán las necesidades financieras de cada uno de los proyectos para su futuro desarrollo (CARAZO 2008). Existen numerosos métodos para realizar análisis económico, además de su relación con el indicador social tal es el caso del VAN social (PIÑERO 2012). A continuación se presentan los métodos que se utilizan comúnmente en la bibliografía.

Flujo de caja (FC)

El flujo de caja no es más que la expresión de los costos y beneficios esperados en dinero líquido. Este es un componente imprescindible de la presupuestación de capital o plan de inversiones de la empresa. Para un determinado período es la diferencia entre el flujo monetario recibido y el flujo monetario emitido si un proyecto de inversión es desarrollado. Los flujos de caja se pueden estructurar en tres flujos fundamentales: flujos iniciales, flujos operacionales y flujos finales (ORAMAS 2005).

Dentro de los flujos operacionales se encuentran los ingresos los cuales dependen de las variables volúmenes de venta precios. Para y cada una de estas es necesario un estudio detallado del mercados, las demandas, los costos de entre mercado otros(GONZALO 2006).

Una de sus desventajas es que no tiene en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja y el valor del dinero en el tiempo, pero dentro de sus ventajas se puede encontrar que son cálculos sencillos y resultan de utilidad para la empresa siendo la base para el análisis de la factibilidad económica, además brindan facilidades para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto respecto a los recursos financieros para el aseguramiento logístico (PIÑERO 2012).

Valor actual neto (VAN)

El VAN de un proyecto es el saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil, lo que significa que todas las corrientes de liquidez anuales han de actualizarse a comienzos de la ejecución del proyecto a una tasa de actualización fija y se representa por la Ecuación 1:

$$\text{Ecuación 1 VAN } VAN = -A + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FCj}{(1+k)^j}$$

Donde el desembolso inicial del proyecto está representado por A, los diversos flujos de caja por FCj , el horizonte temporal del proyecto por n y la tasa de descuento (el coste de oportunidad de capital) apropiada al riesgo del proyecto por k(MASCAREÑAS 2008).Un proyecto es aceptable cuando el VAN es igual o mayor que cero. El VAN mide las utilidades netas del proyecto, pero no las relaciona con la inversión, por lo que se hace necesario calcular el rendimiento del VAN. Ver en la Ecuación 2.

$$\text{Ecuación 2 Rendimiento del VAN } \text{Rendimiento del VAN} = REVAN = VAN / I$$

RVAN = Relación entre las utilidades netas actualizadas según la misma tasa de interés y la inversión, I = Inversión actualizada según la misma tasa de interés(TORO 2008).

Esta técnica es muy sencilla en su uso y comprensión. Como inconveniente tiene que para realizar la evaluación se deben conocer tanto los ingresos como los gastos futuros, y en el caso que no se conozcan se realiza una estimación con el riesgo de no ser fiables del todo. Otro de sus inconvenientes radica en el desconocimiento de la tasa de descuento que se va a utilizar, para lo cual se emplea una que no es real, esta técnica trabaja hipotéticamente con un mercado financiero ideal, en el que los flujos positivos son reinvertidos a una tasa r de interés y los negativos son financiados a la misma tasa. Dentro de las ventajas se tiene que considera el valor del dinero en el tiempo y su inconveniente principal es la dificultad de especificar el tipo de descuento o de actualización, r el cual debe considerar además del tipo de interés, el riesgo que representa el proyecto.

Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es la máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva a la recuperación del capital. Para su cálculo se hace el VAN igual cero y se determina la tasa de actualización correspondiente. Representa la rentabilidad del capital invertido durante el ciclo de vida del proyecto. El proyecto se acepta si la TIR es mayor que la tasa de oportunidad (HERNANDEZ 2002).

El valor de la TIR se hallará mediante la interpolación entre ambas tasas lo que se expresa en la Ecuación 3 como:

$$\text{Ecuación 3 TIR } r = k_1 + \frac{VAN_p(k_2 - k_1)}{VAN_p + |VAN_n|}$$

Dónde:

$r = \text{Tasa Internade Rendimiento(TIR)}$

$k_1 = \text{Tasa de actualización en el que el VANes positivo}$

$VAN_p = \text{Importe del VAN positivo a la tasa de actualización } k_1$

$k_2 = \text{Tasa de actualización en el que el VANes negativo}$

$VAN_n = \text{Importe del VAN negativo a la tasa de actualización } k_2$ (Se suma con signo positivo)

La TIR representa la rentabilidad general del proyecto y el criterio de selección corresponderá al proyecto que tenga mayor TIR (GONZALO 2006).

Esta técnica al igual que la anterior necesita de información que no siempre se tiene disponible antes de la realización del proyecto. Por lo que cuando no se dispone de ella, debe ser estimada, asumiendo los riesgos de la posible falta de exactitud que ello implica.

Período Mínimo de Recuperación de la Inversión (PR)

Esta medida establece el tiempo mínimo que tarda en amortizarse la inversión inicial, esto es, desde que comienza el proyecto p_i hasta que se recupera la inversión, momento en el que el flujo de caja llega a ser positivo, obteniéndose a partir de ese momento beneficios netos.

Éste cálculo se realiza para cada uno de los proyectos y se seleccionan aquellos que presenten un menor período de recuperación de la inversión. Para el cálculo del mismo se establece la siguiente Ecuación 4

$$\text{Ecuación 4 Período de Recuperación } PR = t_n + \frac{|SA_1|}{|SA_1|+SA_2} \cdot m$$

Dónde:

PR = Período de recuperación de la inversión

t_n = Número de años con saldo acumulado negativo desde el primer gasto anual de inversión

SA_1 = Valor absoluto del último año con efecto negativo en el saldo acumulado

SA_2 = Valor absoluto del primer año con efecto positivo en el saldo acumulado

m = Período de construcción y montaje

Proporciona una medición de la liquidez del proyecto o de la velocidad con que el efectivo invertido es rembolsado. Como desventaja se tiene que ignora los flujos netos de efectivo más allá del período de recuperación; sesga los proyectos a largo plazo que pueden ser más rentables que los proyectos a corto plazo; ignora el valor del dinero en el tiempo cuando no se aplica una tasa de descuento o costo de capital. Estas desventajas pueden inducir a los inversionistas a tomar decisiones equivocadas. Tiene de positivo que se pueden graficar fácilmente sus resultados (PIÑERO 2012).

Modelos basados en la experiencia

Estos modelos se basan en la selección de proyectos de acuerdo a la experiencia de un grupo de especialistas en la materia comúnmente llamados expertos. Éste modelo se encuentra fundamentado en modelos estadísticos y el modelo que lleva el nombre de experto (CARAZO 2008).

Tablas de Decisión

En el caso de las tablas de decisión, en cada una de las filas representamos los l proyectos candidatos (p_1, p_2, \dots, p_l) en las columnas los m estados posibles $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_m)$ y las utilidades $u(p_i, \theta_j)$ asignadas, por los decisores, a cada uno de los proyectos candidatos en cada posible estado en las celdas internas de la tabla de decisión.

Una vez reflejado el problema en la tabla, se evalúan cada una de las alternativas, para lo que se debe, en primer lugar, asignar una probabilidad de ocurrencia a cada uno de los estados posibles b_j y en segundo lugar, calcular la utilidad esperada de cada una de las alternativas p_i . Seleccionar aquellas alternativas (en orden) que presenten la máxima utilidad esperada.

Esta técnica presenta dificultades al representar alternativas en las que surge más de un momento de elección, es decir presenta problemas dinámicos. Estos inconvenientes han llevado a que estos métodos no sean tan usados en la selección de proyectos o cartera de proyectos.

Árboles de Decisión

Éste modelo es usado en situaciones en las cuales el decisor, para llegar a seleccionar un proyecto, debe llevar a cabo una secuencia de decisiones y entre cada dos de ellas tiene lugar un resultado de la decisión anterior; es decir, cada decisión depende (normalmente) de un conjunto de decisiones anteriores, cada una de ellas con distintos estados, con diferentes probabilidades de ocurrencia. Se evalúa así cada una de las ramas del árbol (opciones posibles) en función de la probabilidad de cada estado j_θ . Para su resolución aplicando el principio de máxima utilidad esperada, se determina la mejor de las alternativas posibles, conociendo que en todo momento, el cálculo se realiza siempre de atrás hacia delante, es decir desde las hojas del árbol hacia la raíz. Un árbol de decisión se caracteriza por presentar una estructura ramificada (CARAZO 2008). El decisor puede escoger qué rama de un nodo rectangular seguir, pero no qué rama de un nodo de azar, pues estarán determinados por circunstancias que se encuentran fuera de su control.

Esta técnica cuando se enfrenta a la selección de problemas de gran tamaño se vuelve ineficiente debido a que grafica cada una de las posibles soluciones, y para ello requiere gran cantidad de tiempo. Otra de sus debilidades es la dificultad que presenta al valorar el riesgo de cada uno de los sucesos, debido a que la ocurrencia de ellos depende, en parte, de la ocurrencia o no de algún otro suceso. Otro inconveniente radica en que la estructura del árbol es incapaz de mostrar la relaciones de dependencia que pueden existir entre las distintas alternativas.

Criterios de Expertos

Este criterio se basa en la experiencia de un grupo de profesionales en el tema, los cuales a través de la selección de criterios y la evaluación de estos mediante la asignación de pesos dados a cada uno de ellos, son capaces de determinar la factibilidad de los proyectos

Para validar el trabajo realizado por los expertos se emplea el coeficiente de concordancia de Kendall y el estadígrafo Chi cuadrado (X^2) (CARAZO 2008).

La principal dificultad que tiene esta técnica es precisamente que es basada en el criterio de un grupo de personas que por su experiencia pueden realizar la evaluación, pero los resultados siempre pueden ser cuestionados ya que no se obtiene una precisión total de la información que ellos brindan.

Técnicas de *soft computing*

Las técnicas de *soft computing* proponen resolver problemas asociados con la ayuda a la toma de decisiones proporcionando entre predicción e interpretabilidad. Es recomendable aplicarlas en entornos donde exista la aparición de elementos como la impresión, la vaguedad en los límites de los conceptos y la incompletitud de los datos. Para la correcta aplicación de técnicas de *soft computing* es necesario una adecuada construcción de base de reglas borrosas por lo cual en gran medida de esto depende el éxito de su aplicación (BONILLA 2011),(PIÑERO 2005).En los últimos años ha sido una tendencia la integración de enfoques *fuzzy(difuso)*con numerosas técnicas entre ellas se pueden destacar el método AHP, clúster, programación multi-objetivo, DEA entre otras(CASCALES 2009),(WILLIAM 2010)

Modelos matemáticos

Estos modelos se caracterizan por la elección de criterios seleccionados por los decisores a los cuales se les dará una puntuación. Estos se calculan a través de una fórmula matemática y tienen en cuenta aspectos de diversa índole, ya sean cuantitativos o cualitativos, objetivos o subjetivos(CARAZO 2008).

Estos modelos estudian las técnicas basadas en la competencia las cuales son conocidas como técnicas basadas en *ranking* (Modelo comparativo y Modelos de *scoring*).

Modelos comparativos

Conteo de la dominancia

Esta técnica permite jerarquizar proyectos en función del orden de dominancia de cada uno de ellos con respecto al resto de los proyectos para todos los criterios, considerandos en conjunto. Así, en primer lugar, se localizará el proyecto más dominante para todos los aspectos; y luego, el segundo en orden de dominancia; y así sucesivamente(CARAZO 2008)

Esta técnica presenta como dificultad, que el procedimiento que realiza se hace más complejo a medida que aumenta el número de proyectos a realizar y el número de criterios, debido a la gran cantidad de tiempo que consume para su cálculo, y los problemas que presenta para ordenar proyectos que tengan el mismo valor.

Modelos de puntuación

Un modelo de puntuación es una expresión algebraica que produce una puntuación para cada proyecto teniendo en cuenta los criterios más importantes a consideración de los decisores. Luego para obtener una valoración, se pondera cada uno de estos criterios en relación a su importancia con respecto al resto de los criterios.

Dentro de los modelos de puntuación se encuentran: *Checklist*, puntuación tradicional, análisis de utilidad multiatributo (MAUT) y proceso analítico jerárquico (AHP).

Modelos de puntuación (Scoring) tradicional

Este modelo se calcula a través de una fórmula matemática o expresión algebraica que produce una puntuación o valoración para cada uno de los proyectos en consideración. Esta fórmula incorporará aquellos factores que se consideran más importantes para evaluar cada uno de los proyectos y cada uno de estos factores estará ponderado para reflejar su importancia relativa con respecto al resto de los factores (CASCALES 2008).

La primera y más sencilla estructura de puntuación (*scoring*) consiste en la suma ponderada de cada uno de los valores de cada criterio para cada proyecto.

Esta técnica permite la valoración de aspectos cuantitativos o cualitativos, objetivos o subjetivos. Entre las dificultades que se aprecian de esta técnica es que a pesar de estar valorando el proyecto con diferentes criterios, no considera el problema en su totalidad ya que no tiene en cuenta las restricciones del mismo. Así como que no incorpora la cuantificación de la unión entre los proyectos. Una recomendación es que debe utilizarse cuando los criterios sean mutuamente independientes; en otro caso, un efecto puede estar valorándose más de una vez.

Proceso Análisis Jerárquico (AHP)

Este modelo creado por Tomás L. Saaty en 1980, ayuda a comparar un conjunto de alternativas en el que se pueden considerar aspectos tangibles e intangibles, basándose en tres principios fundamentales: descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades. La técnica se puede aplicar para ordenar proyectos cuando los criterios se pueden descomponer jerárquicamente y, además, no necesita información cuantitativa acerca del valor que alcanza cada alternativa bajo cada uno de los criterios, sino, tan solo los juicios de valor del decisor (MOGOLLÓN 2000).

Para establecer un orden entre proyectos, esta técnica estructura el problema de forma piramidal mostrada en la Figura 1, de manera que todos los proyectos quedan en la parte baja de la pirámide, en los niveles intermedios se encuentran los subcriterios y criterios y en la parte

alta de la estructura los objetivos principales del análisis. De esta manera, cada una de las alternativas será ordenada (jerarquizada) por medio de los pesos globales calculados mediante esta técnica (CORTÉS 2007). Figura 1

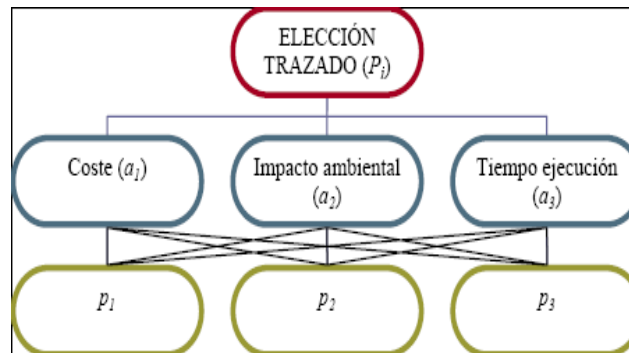


Figura 1: Estructura Piramidal para Elegir el Trazado Adecuado.(MOGOLLÓN 2000)

Como una de sus principales ventajas se encuentra la valoración de aspectos cuantitativos y cualitativos, permitiendo la generación de valores cuantitativos basándose en aspectos cualitativos. También es capaz de detectar dentro de ciertos límites, los errores de los decisores humanos. Presenta además un sustento matemático, permite desglosar el problema por partes, permite verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones si es necesario, da la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad y se puede complementar con métodos matemáticos de optimización(CELIK 2009).

Entre los inconvenientes de esta técnica se encuentra que si hay muchos subcriterios o alternativas, el número de comparaciones puede ser muy elevado y resultar una tarea tediosa para el decisor(KARAKASOGLU 2008). En cuanto al orden final de los proyectos puede verse afectado por la introducción de nuevas alternativas, aunque estas no sean las mejores. Otro de los inconvenientes que se pueden apreciar es que al no permitir incorporación de restricciones al problema este no es considerado en su totalidad. Éste método se ha convertido en una herramienta metodológica que ha sido aplicada por varios países para la toma de decisiones(HO, W. 2008),(KARAKASOGLU 2009). Después de una revisión bibliográfica detallada, se obtuvo como resultado que el método ha tenido múltiples integraciones con técnicas como con: programación matemática, despliegue de la función de calidad (QFD), meta-heurística, análisis de SWOT (*Siglas de Weaknesses(Debilidades), Threats (Amenazas), Strengths (Fortalezas) y Opportunities(Oportunidades) Análisis DAFO*) y Análisis Envoltante de Datos (DEA) y técnicas de *soft computing*, estos se implementaron en diversas áreas como logística, negocios, medio ambiente, fabricación, educación, militar, gobierno, mercado, salud, servicios, industria, deporte y turismo; además se ha aplicado en diversas áreas para la selección como: selección de dispositivos tecnologías, costos, proyectos, ofertas, cosechas, ciclo de un combustible nuclear, métodos de datos del cliente, tecnología de fabricación,

medios de publicidad, estrategias de mantenimiento, requerimientos, métodos de enseñanza, diseños de producto, presupuesto entre otros. A continuación en la Tabla 2 se muestran algunas de las aplicaciones del método por áreas, se ha encontrado aplicación en otras como la medicina y el gobierno.

Tabla 2 Aplicaciones del AHP. (Elaboración propia)

Áreas	Selección	Evaluación	Análisis Coste-Beneficio	Asignación	Prioridad y ranking	Toma de decisiones
Personal	(BYUN 2001), (HARBI 2001), (O'BRIEN 1998), (SCHOENHERR 2008)	(HANDFIELD 2002), (MURALIDHA 2001)	(RIGGS 1994)	(KORPEL 2002)	(BOLLOJ2 001), (EASLEY 2000)	(CONDON 2003),(HO WILLIAM 2010)
Social	(CHAN 2005; KHALIL 2002)			(SAATY 2003)	(LEE 2007)	(CHAN 2006)
Política	(C. KAHRAMAN 2003)					
Ingeniería	(V. S. LAI 2002)	(KABLAN 2006)				(BEYNON 2002)
Educación		(PHILLIPS-WREN 2004)	(GASIM 2004)			
Industria	(LAMATA 2009)		(WEDLEY 2001)	(LIN 2003)	(S. XU 2003)	

Defensa	(CRARY 2002)	(SLOANE 2003)				
---------	--------------	---------------	--	--	--	--

Modelos de simulación

Simulación: No es más que el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema(MORENO 2010).

Modelo de simulación: conjunto de hipótesis acerca del funcionamiento del sistema expresado como relaciones matemáticas y/o lógicas entre los elementos del sistema(MORENO 2010).

Proceso de simulación: ejecución del modelo a través del tiempo en un ordenador para generar muestras representativas del comportamiento

Entre las principales dificultades que se puede apreciar de esta técnica se encuentra el hecho de lo costoso que resulta la aplicación, ya que a menudo el proceso de desarrollar un modelo es largo y complicado. Otro de sus inconvenientes es que en ocasiones falla al producir resultados exactos, ya que la simulación a veces solo provee un estimado de lo esperado, no resultados exactos(LEDEZMA 2004).

1.2 Modelos para la evaluación de portafolios de proyectos

Modelos de programación matemática

Estas técnicas ayudan a tener en cuenta aspectos de gran interés práctico como es la consideración de un horizonte temporal de planificación, la existencia de multiplicidad de restricciones, no solo financieras, en distintos instantes temporales, junto con la posibilidad de que existan ciertas relaciones de complementariedad, interrelaciones, relaciones de precedencia, etc., entre los proyectos considerados. Con estos modelos de manera genérica, se obtiene una o más soluciones que, verificando las restricciones establecidas, optimicen la función objetivo(CARAZO 2008). A continuación algunas de estas técnicas.

Modelos de programación mono objetivo

En estos, se trata de determinar el conjunto de proyectos a seleccionar de manera que se haga óptima alguna medida del valor del mismo, recogida mediante una función lineal, siempre que no sean rebasadas las disponibilidades de recursos y se verifique el resto de restricciones que puedan aparecer, todas ellas de carácter lineal. En estos modelos, se suele adoptar la hipótesis de que los proyectos no son fraccionables; es decir, las variables de decisión suelen ser

binarias, $X_i \in \{0,1\}$ de manera que si $X_i = 0$ entonces el proyecto p_i no es seleccionado, mientras que si $X_i = 1$ dicho proyecto sí se selecciona. En consecuencia, estaríamos ante un problema de programación lineal binario (WILLIAM 2010).

Esta técnica es muy sencilla y su limitación fundamental radica en el tamaño que pueda tener el problema lineal binario, pues si es considerablemente grande, se tiene el riesgo de no encontrar un algoritmo eficiente que sea capaz de darle solución.

Modelos de programación multiobjetivo

El enfoque multi-objetivo, en lugar de una solución óptima, proporciona el conjunto de soluciones eficientes. El problema que se plantea con estos modelos es que el conjunto de soluciones eficientes está formado, normalmente, por un elevado número de puntos, información esta que puede ser difícil de manejar por el centro decisor. Dado que normalmente la optimización simultánea de todos los criterios es casi imposible (muchos de ellos suelen estar en conflicto), el enfoque multi-objetivo, en lugar de una solución óptima, proporciona el conjunto de soluciones eficientes o *pareto-óptimas*. Éste conjunto está formado por las soluciones factibles no dominadas, es decir, para las que no existe otra solución factible que mejore algún criterio sin empeorar otro (CARAZO 2008).

La limitación de estos modelos radica en que el grupo de soluciones factibles y eficientes está formado, comúnmente, por muchos puntos, haciendo de esta información, algo difícil de manejar por el centro decisor.

Modelos de programación por metas

En estos modelos se reemplaza la filosofía de optimización por una filosofía satisfaciente, bajo la óptica de que en muchas situaciones no se buscan soluciones óptimas sino soluciones que verifiquen determinados niveles de aspiración con las que el decisor se encuentra satisfecho.

Para resolver el problema de programación por metas existen tres enfoques principales: programación por metas ponderadas, lexicográficas y minimax. La formulación de un modelo de programación por metas, por cualquiera de estas variantes, conlleva la fijación de niveles de aspiración para cada uno de los atributos considerados, cuya combinación generan las correspondientes metas. El objetivo de esta, consiste en determinar si existe alguna solución factible que verifique las metas establecidas (CARAZO 2008).

Esta técnica multicriterio es de gran ayuda por su versatilidad y adaptabilidad en distintos contextos decisionales. Su principal limitación radica en que los decisores deben determinar *a priori* los niveles de aspiración para cada uno de los atributos, tarea que, en ocasiones, puede ser difícil y más aún en el contexto de la selección de proyectos en los que la incertidumbre es

un factor clave. También se puede ver afectado la decisión hacia una selección determina, debido a la selección de estos niveles de aspiración.

Modelo basado en clúster

El análisis clúster, también denominado análisis de conglomerados, trata de agrupar los proyectos candidatos a partir de una serie de atributos independientes, posibles en función de lo similar o distinto que sean los proyectos entre sí (CARAZO 2008).

En la realización de un análisis clúster se suelen distinguir tres etapas:

- Elección de los criterios o variables relevantes para discriminar la selección.
- Elección de la medida de proximidad entre proyectos, para poder, teniendo en cuenta esta medida.
- Calcular una matriz de semejanzas o distancias entre cada par de proyectos.

Una de las limitaciones que presenta esta técnica, es que puede aportar resultados poco fiables cuando trabaja con muchas variables. Esta técnica ayuda a la selección de proyectos que considera similares de acuerdo a las variables que se establecen a priori por el centro decisor, pero no a seleccionar los proyectos específicos dentro de un grupo. Otro inconveniente de esta técnica es que puede proveer soluciones que no son del todo fiables, al trabajar con muchas variables.

1.3 Metodologías y herramientas para la evaluación de proyectos en general

Evaluación de proyectos en Europa

Propuesta de síntesis para la evaluación y selección de proyectos de nuevos productos.

Propone un modelo que aglutina las ventajas de los modelos de puntuación e índice, pretendiendo dar un tratamiento adecuado a la variables riesgo y tiempo. Propone tres fases de manera sucesiva: valoración previa de los proyectos, selección de los proyectos y por último evaluación y jerarquización de los proyectos. En la primera fase realiza una definición de 12 criterios de evaluación a partir de un estudio empírico realizado en un grupo de empresas, los mismos se agrupan en dos categorías empresa y producto.

Éste modelo tiene de positivo el tratamiento de la variable riesgo ya que a partir de la evaluación se pueden determinar los posibles riesgos que va a tener el proyecto en el futuro. Tiene de negativo que no trabaja la incertidumbre n el ruido de la información.

Evaluación de proyectos América del Norte

Metodología propuesta por el *International Project Management Association*.

La metodología propuesta por la Administración de Estándares de Portafolio es aplicable a los proyectos principalmente de I+D y desarrollo.

Se basa en la definición de diferentes fases donde cada una de ellas tiene un conjunto de entradas y salidas permitiendo dividir y evaluar los proyectos en componentes más pequeños. Para la realización de la evaluación se apoya en el uso de técnicas y herramientas como el criterio de expertos y representaciones gráficas para mejor comprensión (PMI 2006). Para realizar la evaluación se definen un conjunto de criterios cuantitativos y cualitativos. Proponen dentro de los métodos económicos más significativos la tasa interna de retorno y el valor neto presentado (PMI 2006).

Define un grupo de fases para la evaluación del producto en general. Dentro de los criterios de evaluación que se proponen se encuentran agrupados por las siguientes categorías: negocio, beneficio financiero, riesgo, conformidades reguladas, recursos humanos, mercado y técnicos

Esta metodología es bastante completa y los proyectos para la cual se aplica tienen mucha relación con los proyectos de la universidad. Está diseñada básicamente para una cartera de proyectos. Tiene de positivo que define por cada fase un conjunto de entradas y salidas que permiten guiar la evaluación conociendo los artefactos generados por fases, incluso la metodología va más allá de la evaluación del proyecto terminando con un balance de los resultados de la evaluación. No trabaja la incertidumbre de la información aunque propone dentro de sus principales técnicas el método de expertos. Incluye elementos relacionados con los recursos humanos y sus competencias. Tiene en cuenta la variable riesgo como uno de los criterios a tener en cuenta para realizar la evaluación. Se encuentra de manera general muy generalizada por lo que no explica con detalle cada una de sus actividades.

Guía práctica para el diseño, administración, y evaluación de proyectos sociales

Es una guía básica para el diseño, administración y evaluación de proyectos sociales a fin de perfeccionar el trabajo en las empresas (ROSA 2005). Se le brinda fundamental importancia a la creación de indicadores para la medición, se subrayan dos indicadores fundamentales: eficiencia y eficacia, basando en ellos su metodología.

Se especifica además que cada empresa define sus propios indicadores de acuerdo a la naturaleza del proyecto. A cada uno de estos indicadores se les asigna un valor, determinando finalmente el proyecto más adecuado.

Esta metodología está basada en función de proyectos sociales por tanto se da mucha importancia a las lecciones aprendidas durante la evaluación, así como al criterio de expertos para poder transmitir sus experiencias lo cual es un aspecto importante a tener en cuenta. Esta guía permite una flexibilización para seleccionar los criterios a evaluar lo cual es positivo pero no trabaja la incertidumbre de la información.

Herramienta *DECIDE*

Es un software que permite la evaluación de proyectos de inversión, el cual proporciona metodologías y herramientas para la toma de decisiones. Entre sus características se encuentran el estudio del mercado, análisis técnico, económico, financiero y de riesgos. Tiene entre sus principales ventajas la particularidad de poder evaluar proyectos de cualquier tamaño, cuantía y actividad económica. Utiliza en sus dos versiones de mono-usuario/multiusuario y en la de Servidor la plataforma *Windows XP SP3*. Entre sus desventajas se encuentra que es privativo y está dirigido fundamentalmente a consultoras y bancos (C.V 2009).

Evaluación de proyectos en Latinoamérica

Modelo de formulación y evaluación financiera de proyectos de desarrollo de tecnologías de información

Surge a partir de la necesidad de realizar estudios previos de factibilidad, sean estos de carácter económico, operativo y técnico. Se basa en el análisis de un conjunto concreto de necesidades para proponer una solución a corto plazo, teniendo en cuenta restricciones económicas, técnicas, legales y operativas. Determina los alcances del proyecto de desarrollo, las áreas de aplicación, las alternativas de solución a los problemas existentes y la factibilidad técnica y económica para su desarrollo e implantación. La solución obtenida es la definición de uno o varios proyectos que impliquen desarrollos a la medida, soluciones basadas en la adquisición de productos, software del mercado, o soluciones mixtas. Como resultado del estudio de factibilidad se obtiene un informe con las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado (CALDERÓN 2010).

Para tomar la decisión final prevalecen tres grandes criterios: técnica (calidad, productividad, eficiencia), riesgo y costo-beneficio. Se utiliza fundamentalmente la técnica de análisis costo-beneficio. (Carece de la utilización de métodos)

Metodología de preparación y evaluación de proyectos informáticos

Se basa en una guía metodológica para la preparación y evaluación de proyectos de informática para su presentación al sistema nacional de inversiones. Radica en la evaluación de una o más

alternativas mediante el criterio de costo-eficiencia. Se fundamenta este criterio bajo estos dos conceptos: el costo y la eficiencia.

Para la aprobación de los proyectos además de estos dos criterios el mismo debe estar bien justificado, ya sea con beneficios cualitativos o cuantitativos, así como estar en correspondencia con las líneas estratégicas planteadas por la institución.

Tiene dos etapas: preparación y evaluación. Siendo la última la más importante donde se definen atributos, se califican con un puntaje según la alternativa y se calcula el índice de eficiencia. Costa además de varios anexos para ayudar a una mejor evaluación. Principales atributos a evaluar: efectividad, plataforma tecnológica, calidad técnica de la solución y ahorro de costos operacionales (GONZALEZ 2002).

El AHP y su aplicación para priorizar escenarios de los usos de las tierras

Propone una metodología de evaluación y generación de escenarios para el uso de las tierras, la misma se apoya sobre el método AHP propuesto por Saaty para procesar y analizar la información (SOLUTIONS 2011). Se tiene en cuenta éste método para fortalecer y ampliar los resultados técnicos obtenidos dando la posibilidad a los involucrados de tomar decisiones en grupos realizándose análisis cualitativos y cuantitativos. En éste proyecto se tiene en cuenta la variable riesgo así como la incertidumbre, equidad, participación, entre otros. Se realizan análisis de sensibilidad para estudiar y observar otras posibles soluciones. Propone un grupo de pasos para la toma de decisiones y propone como más eficiente la toma de decisiones en grupo (MOGOLLÓN 2000).

La principal desventaja de esta metodología es que está adaptada a un entorno ajeno a los proyectos informáticos pero en su concepción se relacionan un grupo de elementos esenciales a tener en cuenta para la formulación de la propuesta en el siguiente capítulo.

Herramienta *ExpertChoice*

Constituyen una serie de herramientas basado en el Proceso Analítico de Jerarquía (AHP). Están diseñadas especialmente para la toma de decisiones. Esta herramienta posee varias alternativas de solución entre las que podemos encontrar *Comparion™ Suite*, *Comparion™ TeamTime™*, estos dedicados al trabajo en la web. Por otra parte se encuentran *ExpertChoice Desktop* que corre sobre plataforma de *Windows* es el principal producto de esta gama y permite la integración con herramientas como *Microsoft Project*, *Microsoft Excel* y el gestor de base de datos Oracle, además permite especificar los roles de los que participan en el proceso y una jerarquía alternativa. Realiza una vez aplicado el método análisis de sensibilidad para validar la opinión de los expertos, este lo realiza de cinco formas diferentes: sensibilidad de valoración, sensibilidad dinámica, sensibilidad de gradiente, gráfico en dos dimensiones y

sensibilidad de diferencias ponderadas. De manera general todos son herramientas privativas y es necesario pagar para su uso y soporte. Esta herramienta es usada por numerosos países e instituciones por las facilidades que ofrece de integración con *Microsoft Project* y bases de datos de Oracle, pero Cuba tendría que pagar su licencia para poder usarla (CARIGNANO 2005).

Herramienta *EasyPlanEx*

Es un software está orientado a la planificación financiera, permite la evaluación y optimización de proyectos de inversión, constatar estados financieros entre otras funcionalidades relacionadas con el ámbito empresarial. Entre sus principales características se encuentra la generación de series de valores para los datos del modelo utilizado en él, realiza análisis de riesgos utilizando la técnica de Montecarlo. Permite el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un resultado como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Tiene análisis de sensibilidad, generador de informes, gráficos y documentación automática de todo el proceso. Está disponible actualmente en dos idiomas, inglés y español, además tiene una versión limitada llamada *EasyPlanEx Free* que se puede obtener sin costo pero por un tiempo limitado. Corre sobre el sistema operativo *Windows*, permite importación y exportación de datos de plantillas electrónica (BORASYSTEM 2011).

Evaluación de proyectos Cuba

Procedimiento para la evaluación y selección de proyectos de ciencia e innovación tecnológica a partir de decisión multicriterio.

El procedimiento surge a partir de las necesidades de la existencia de tecnologías que respondan al sistema de ciencia e innovación tecnológico cubano en el proceso de toma de decisiones en la selección de proyectos a financiar. La aplicación del procedimiento se realiza bajo los principios de: cooperación entre las partes y socialización de la información. Se realiza a partir de la reunión de un grupo de expertos que utilizando la técnica de tormenta de ideas establecen un conjunto de indicadores a evaluar que respondan a las legislaciones vigentes en el sector de ciencia e innovación. A través del método de Saaty en su forma simplificada los expertos asignan ponderaciones a los indicadores. El procedimiento se apoya de la herramienta *excel*. Los resultados son ordenados de manera descendente y se entregan al órgano decisor. Terminado el procedimiento se realiza una retroalimentación para un mejoramiento del procedimiento (BASNUEVO 2009).

Gestión de proyectos para informáticos

La metodología propuesta por el Dr. Rolando Alfredo profesor de la UCI, plantea un grupo de premisas para la evaluación de un proyecto tales como: conocer la vida útil del proyecto, el costo de la inversión y del financiamiento; así como determinar varios métodos económicos y

hacer un análisis de sensibilidad de los indicadores desfavorables. Los recursos a invertir deben ser los necesarios para la instalación del proyecto y para su funcionamiento, siendo lo primero el capital fijo del mismo y lo segundo el capital de trabajo, todos estos recursos se deben expresar en valor monetario para poder hacer el estudio económico financiero (HERNANDEZ 2002).

El procedimiento que se presenta combina métodos multicriterio con los cuantitativos. A partir de criterios de expertos, utilizando procedimientos estadísticos se determina de manera rápida un índice de aceptación para el proyecto y su combinación con un estudio de factibilidad económica facilita la toma de decisiones sobre la posibilidad de éxito de los proyectos que intervienen en la evaluación, estableciendo un orden de prioridad para los mismos (HERNANDEZ 2002). En el proceso se definen como principales protagonistas los roles de analista, evaluador y decisor. Propone dos fases: aceptación del proyecto y proceso de evaluación

Clasifican los criterios de evaluación en cuatro grupos fundamentales: criterios de méritos científicos, económicos, de comercialización y de impacto

Esta metodología planteada define detalladamente todos los procesos a ejecutar desde las premisas para la definición del proyecto hasta la evaluación del mismo, pero no tiene en cuenta la incertidumbre de la información y es completamente determinista.

Propuesta de método de evaluación de factibilidad para proyectos informáticos (FACTECOM).

El presente método se define a partir de lo propuesto por el profesor Rolando Alfredo. Persigue como objetivo, evaluar la factibilidad de un proyecto de desarrollo de software mediante la opinión de expertos en la temática, procesamiento estadístico de los resultados obtenidos de los expertos y el análisis cuantitativo de indicadores económicos. Realiza la evaluación técnica, comercial y económica, por lo cual como entrada al método se exigen informes de los estudios técnicos y comerciales de los proyectos a evaluar. Además incorpora el actor, especialista económico. El método determina el índice de concordancia de la opinión de los expertos siendo completamente determinista. No tiene en cuenta la incertidumbre de la información. En el caso de los análisis económico se depende totalmente de los especialistas en la materia teniendo ellos que llevar a cabo estos cálculos con la ayuda de la herramienta FACT-ECONOM lo cual puede implicar una desventaja ya que en la universidad no se cuenta con suficientes especialistas para realizar este tipo de análisis, se señala en el trabajo que una de los mayores problemas fueron las entradas económicas. Al realizar el estudio de factibilidad comercial se seleccionan expertos del área de ALBET lo cual puede resultar un obstáculo cuando sea necesario evaluar simultáneamente un grupo considerable de proyectos (CASTRO 2010). Éste

trabajo sirve de apoyo para la presente investigación, siendo un marco de referencia importante que se debe seguir perfeccionando.

Resolución 91/2006 y Resolución 7415/2008 del Ministerio de Economía y Planificación.

En Cuba existe esta resolución puesta en vigor en el 2006 para un mejor desenvolvimiento del proceso inversionista en el país. En el artículo 125 se hace referencia, a la necesidad de realizar estos estudios, como última oportunidad de disminuir la incertidumbre de los beneficios antes de acometer una inversión (JUSTICIA 2006)

En el 2008 en la resolución 7415 (JUSTICIA 2008) se hace referencia nuevamente a este tema y establece los elementos esenciales de este importante estudio así como los documentos que lo deben avalar. Estas resoluciones constituyen un documento base para establecer cualquier modelo a seguir en una empresa para realizar los estudios de factibilidad, los mismos se encuentran diseñados a nivel macro de grandes inversiones pero contiene elementos esenciales. En la propuesta realizada se tienen en cuenta estos documentos de orden jurídico.

1.4 Conclusiones parciales del capítulo

Luego del estudio bibliográfico realizado se puede concluir que:

- Existe una tendencia de realizar estudios de factibilidad en las áreas técnica, comercial y principalmente económica con la utilización de diferentes métodos y metodologías destacándose los modelos económicos y basados en la experiencia.
- A partir de los métodos de evaluación estudiados se propone presentar un modelo con métodos híbridos que permita realizar estudios de factibilidad en diferentes momentos de la vida de un proyecto y que permita la evaluación de diferentes alternativas.
- Se selecciona el método AHP que permite la valoración de aspectos cuantitativos y cualitativos, así como los métodos económicos más usados en la bibliografía consultada.
- En las metodologías existentes se destaca la definición de criterios de evaluación enmarcados en cuatro grupos fundamentales: económicos, recursos humanos, mercado y tecnología.
- A partir del cumplimiento del primer objetivo específico se concluye que los métodos de evaluación encontrados en su mayoría son deterministas y no trabajan suficientemente la incertidumbre de la información, de ahí la necesidad de desarrollar un modelo que permita evaluar proyectos informáticos teniendo en cuenta la factibilidad técnica, comercial y económica a partir de técnicas de *soft computing*.

CAPÍTULO 2: APORTE DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En el presente capítulo se propone el modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software basado en técnicas de *soft computing*, se explican las fases que contiene el mismo, los principales actores que intervienen en el proceso de evaluación así como los criterios y métodos que contiene el mismo.

2.1 Modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software basado en técnicas de soft computing

Momentos en el que se realiza el estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad se realiza fundamentalmente en el periodo de concepción para conocer la sostenibilidad y sustentabilidad del proyecto a ejecutar (DELGADO 2012). No obstante también se pueden realizar importantes revisiones de estos estudios a lo largo del ciclo de vida de los proyectos:

- Análisis estratégico, identificación de necesidad de inversión: la organización a partir de sus objetivos estratégicos tiene la necesidad de la ejecución de una inversión ya sea a partir de una petición de un producto a la medida o una necesidad existente en el mercado.
- Primera idea y autorización para la elaboración de un ante-proyecto: en este momento surge la primera idea de concepción del proyecto, esta se propone y a partir de los intereses de la organización se autoriza la elaboración del ante-proyecto.
- Elaboración del ante-proyecto: contiene los primeros elementos identificativos del proyecto y da una visión inicial de los beneficios que éste brinde.
- Análisis de factibilidad del ante-proyecto: Una vez elaborado se realiza el primer estudio de factibilidad a partir de la identificación de diferentes diseños de alternativas de solución y de la defectación realizada anteriormente. A partir de éste estudio de determina si la inversión es viable en el orden técnico, económico y comercial
- Gestión de financiamiento para ejecutar proyecto: A partir de los resultados arrojados en el estudio de factibilidad se realiza una gestión de fuentes de financiamiento para enfrentar el desarrollo del proyecto.
- Gestión de contratación del proyecto: Se realiza la contratación del proyecto y se firman los acuerdos contractuales
- Desarrollo del proyecto: comienza el desarrollo dividido en las áreas de inicio, elaboración, ejecución y cierre propuestas por el PMBOK(PMI 2009). Durante la

ejecución nuevamente se realizan revisiones del estudio de factibilidad en función de la gestión de cambios para realizar un monitoreo y control del alcance que inicialmente se definió para el mismo. En el periodo de cierre nuevamente se puede realizar una revisión de este para comprobar según el estudio inicial la diferencia entre lo real y lo planificado.

- **Mantenimiento y evolución:** En éste periodo nuevamente se realizan estudios de factibilidad ya que se repite el ciclo de desarrollo y se pueden comenzar nuevas inversiones de software heredados de los ya existentes o se pueden identificar nuevas ideas de proyectos.
- **Retiro de la inversión:** Es el momento en el que muere la inversión porque ya no brinda los beneficios suficientes a la organización como para seguirse sosteniendo.

En la siguiente figura se muestra el ciclo de vida de una inversión con los momentos en que se puede realizar estudios de factibilidad.

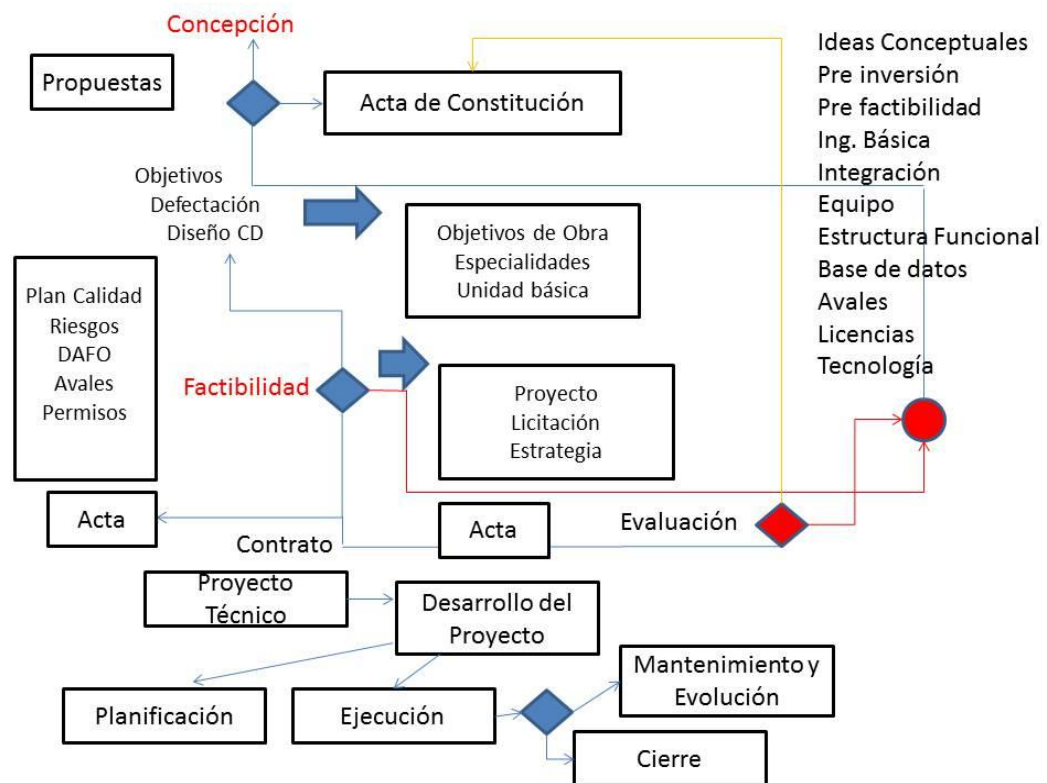


Figura 2 Ciclo de vida de la inversión (Adaptado de DELGADO 2012)

Alcance de la solución: Realiza el estudio de factibilidad para dos casos fundamentalmente:

- Para la selección de alternativas de solución de un mismo proyecto: En este caso la formulación de las alternativas se deben concebir como si fuesen proyectos

independientes para que se ajusten como entradas del modelo. Finalmente lo que se obtiene es el orden de prioridad de las alternativas de solución más factibles para un mismo proyecto.

- Para la selección de diferentes alternativas: En este caso se formulan las alternativas independientemente como proyectos y luego se evalúan según el modelo para obtener un orden.

2.2 Definición y estructura del modelo de factibilidad

Según la Real Academia se define como:

“Un modelo es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo” (ACADÉMICO 2010)

La propuesta pretende ser un punto de referencia para la evaluación de proyectos de software, se debe reproducir para obtener los resultados esperados. Siguiendo el principio de formular las alternativas en función de proyectos el mismo se puede aplicar en diferentes momentos de la vida del proyecto como se explica anteriormente. En la investigación se proponen un grupo de criterios o indicadores para la evaluación fundamentalmente antes de comenzar el desarrollo del proyecto pero en función del momento de realizar el estudio de factibilidad estos pueden variar según lo decida la organización. Para poder iniciarse el proceso de evaluación es necesario que se haya establecido bien la problemática que se desea resolver con el desarrollo del proyecto así como haber realizado una vista del alcance preliminar del mismo.

Actores que intervienen en el proceso de evaluación y fases definidas

Especialista principal: Dirige todo el proceso de evaluación, selecciona el grupo de evaluadores. Realiza un seguimiento de todo el proceso. Representa el rol del inversionista el cual puede ocupar el mismo o derogarlo en una persona de su entera confianza, esta pueda ser una persona externa del desarrollo o el mismo líder que posteriormente sea el jefe de proyecto. Firma los documentos que se emiten y establece las relaciones de negociación.

Experto: El número puede ser variable en función de las necesidades del proceso. Son personas expertas en el contenido de los criterios o indicadores que se evalúan. Realizan la ponderación del método de Análisis Jerárquico.

El modelo tiene un flujo de dos etapas consecutivas: iniciación y evaluación. Cada una ellas tiene un conjunto de entradas y salidas, así como actividades y herramientas, para realizar el proceso en general. A continuación en la Figura 3 se presenta una vista de la estructura del modelo

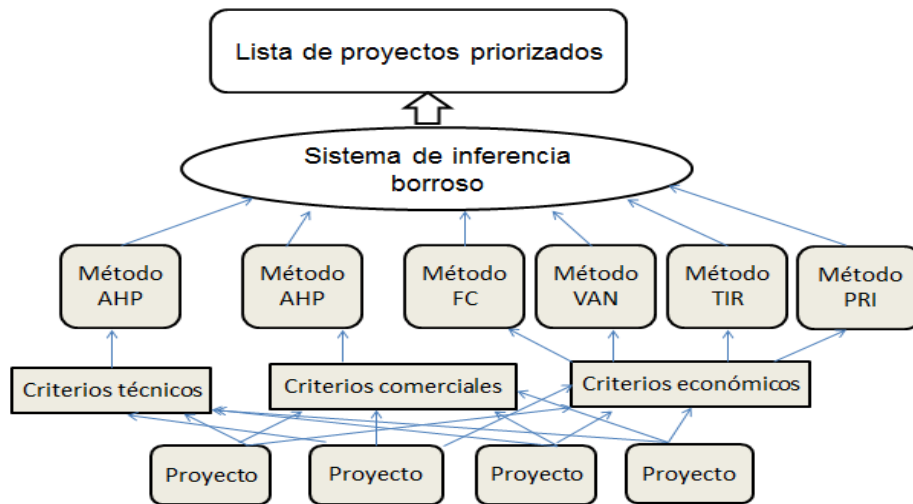


Figura 3 Estructura del Modelo. (Elaboración Propia)

Fase de iniciación detallada

Esta primera fase es fundamental para el desarrollo del proceso dado que en la misma se recoge toda la información de entrada que se necesita para la posterior evaluación. Antes de poder realizarse la evaluación es necesario conocer las principales características de cada uno de los proyectos, así como los beneficios que puede reportar para la institución. Esta se recoge a través de la ficha del proyecto, donde se recogen los datos iniciales del mismo. En esta fase también se determinan los criterios o indicadores de evaluación técnicos, económicos y financieros a partir del estudio en diferentes bibliografías (CASTRO 2010),(JUSTICIA 2008), (PIÑERO 2012)

Entradas

Ficha del Proyecto

La ficha del proyecto contiene un grupo de campos personalizados los cuales son llenados a través del GESPRO. Esta ficha fue creada a partir del estudio de la ficha elaborada por ALBET y la ficha propuesta por la dirección de producción de la UCI.

En la Tabla 3 se muestran los campos que deben ser llenados en la ficha del proyecto

Tabla 3 Campos de la Ficha del Proyecto. (Elaboración propia)

Nombre del campo	Nombre del campo
Nombre Oficial	Datos de entidad desarrolladora
Prioridad	Datos del cliente

Fecha de inicio	Fuente de financiamiento
Fecha de fin	Patrocinador proyecto
Clasificación Estado	Monto total contrato (USD)
Clasificación por tipo Cliente	Monto total contrato (CUC)
Clasificación Naturaleza	Monto total contrato (CUP)
Modalidad de proyecto	Monto ejecutor cubano (USD)
Clasificación Programa	Monto ejecutor cubano (CUC)
Tiempo estimado –HH	Monto ejecutor cubano (CUP)
Alcance del Proyecto	Presupuesto de gasto (USD)
Objetivo General	Presupuesto de gasto (CUC)
Objetivos Específicos	Presupuesto de gasto (CUP)
Impacto del Proyecto	

Estos campos son llenados inicialmente en el GESPRO por el gerente del proyecto o la persona destinada por el centro para llenarlos. La ficha constituye la primera entrada para el posterior paso que es la selección de los criterios o indicadores de evaluación.

Entradas para métodos económicos

Para la realización del método económico Flujo de Caja (FC) es importante tener bien identificado los flujos iniciales y operacionales por cada proyecto.

Dentro de los flujos iniciales: Dentro de éste flujo se encuentran las entradas asociadas a las compras de activos fijos y el capital de trabajo. Los activos fijos están relacionados con las inversiones fijas que se ejecutan para desarrollar el proyecto como pueden ser equipos y tecnología, terrenos, suministros entre otras. Dentro del capital de trabajo se tiene en cuenta salarios y seguridad social de los trabajadores, adiestramiento de la fuerza de trabajo, gastos de puesta en marcha entre otros.

Dentro de los flujos operacionales:

Ventas o Ingresos: Esta entradas se recogen teniendo en cuenta el horizonte temporal del proyecto que se define por n , es decir n representa la cantidad de años o meses de ejecución del proyecto. Por ejemplo si un proyecto dura 5 años $n = 5$ y las ventas o ingresos serán para $n = 1, 0$, para $n = 2, 4452$.

Costos y gastos: Para el cálculo de esta entrada se tiene en cuenta todos los costos o gastos que se incurren hasta la venta y cobro del producto por tanto comprende: los costos de producción y financieros como puede ser mano de obra, materiales, así como su depreciación.

Técnicas

Selección de expertos

Se seleccionan para que posteriormente puedan realizar las ponderaciones necesarias para el estudio de factibilidad en el área técnica y económica. Para su selección se debe tener en cuenta su nivel de competencias, para un mayor grado de aceptación en los resultados obtenidos. La técnica usada para su selección es el método Delphi. En la Figura 4 se muestra los pasos a seguir para la selección.

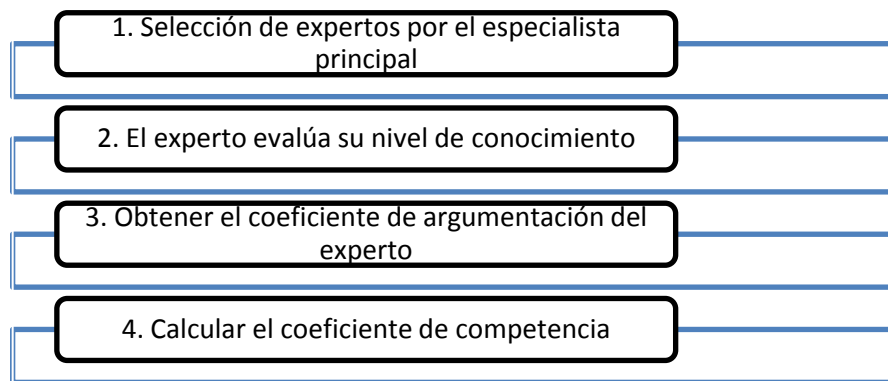


Figura 4 Pasos para la selección de expertos. (Elaboración propia)

1. El especialista principal a cargo del proceso de evaluación debe seleccionar el grupo de expertos.

El grupo de expertos deben tener amplio conocimiento sobre el área a evaluar ya sea técnica o comercial. Se seleccionan tantos expertos como se desee.

2. Evaluar el nivel de conocimiento que posee en el tema.

El experto introduce un número del 1-10 en un cuestionario que se le realiza, éste valor está asociado al grado de conocimiento que él posee en esa área. (Ver anexo 2) Con estos datos se calcula el coeficiente de conocimiento K_c para cada uno de los expertos.

$$\text{Ecuación 5 Coeficiente de Conocimiento } K_c = VKn_x (0.1)$$

Dónde: VKn es el valor que entró el experto del 1-10

3. Obtener el coeficiente de argumentación de cada experto de su conocimiento respecto al tema.

Las fuentes de argumentación fueron definidas anteriormente (CASTRO 2010) para que el experto seleccione si su nivel es: alto, medio o bajo.

Fuentes de argumentación:

- Estudios teóricos realizados por usted sobre el tema
- Experiencia obtenida
- Trabajos de autores nacionales
- Trabajos de autores extranjeros
- Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero
- Su intuición

Obtener el coeficiente de argumentación Ka . Donde $Ka = \sum$ de los valores que se obtienen a partir de sustituir los valores introducidos en el paso ver Anexo 2.

4. Calcular el coeficiente de competencia K

Donde $K = 0.5 (Kc + Ka)$, con el resultado obtenido en K.

- Si $0.8 < K < 1.0$ coeficiente de competencia alto.
- Si $0.5 < K < 0.8$ coeficiente de competencia medio.
- Si $K < 0.5$ coeficiente de competencia bajo

Se recomienda que sean seleccionados aquellos expertos que tengan el coeficiente de competencia alto y en algunos casos medio, mientras mayor sea el número de expertos que evalúen los criterios va a existir mayor grado de aceptación.

Selección de criterios de evaluación

Los criterios de evaluación en las diferentes áreas son seleccionados por los expertos teniendo en cuenta fundamentalmente que estos tributen a los objetivos estratégicos que persigue la organización. Puede existir una estrecha relación entre los criterios o indicadores seleccionados con los indicadores definidos en un cuadro de mando integral de la organización lo cual tributa al alineamiento de los proyectos con la estrategia trazada por la organización para el cumplimiento de sus perspectivas.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado a continuación se muestra la Tabla 4 con criterios macros que se proponen a tener en cuenta para realizar los estudios de factibilidad técnica, comercial y económica. Estos fueron propuestos a partir de estudio de diferentes bibliografías (CASTRO 2010),(HERNANDEZ 2002),(PIÑERO 2012) y otros a consideración del autor.

Tabla 4 Criterios o indicadores de evaluación de proyectos. (Elaboración Propia)

	Criterios	Descripción
Técnica	Especificaciones técnicas de hardware	Tener en cuenta que dentro de este criterio se encuentra: <ul style="list-style-type: none"> • Hardware existente en la organización. • Necesidad de Compra de Hardware(licencias, patentes, soporte de hardware)
	Especificaciones técnicas de software	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de software existentes. • Necesidad de producir herramientas. • Necesidad de comprar herramientas (Privativas, Libres, Restricciones o políticas de la empresa). • Soporte de software • Reutilización de componentes
	Plataforma tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad • Integridad • Disponibilidad • Conexión con otros sistemas de información • Acceso a medios de respaldo
	Capacidad administrativa de los directivos del proyecto	Implica experiencia de los directivos , capacitación así como resultados en la dirección
	Nivel de especialización del equipo de desarrollo	Grado de especialización del equipo de desarrollo en las diferentes áreas del conocimiento.
	Solvencia científica del equipo de desarrollo.	Nivel científico del equipo de desarrollo para incluir ciencia en el desarrollo de la solución
Impacto de condiciones de trabajo	Condiciones de trabajo del personal y su repercusión en la realización de las tareas.	
Retención del equipo de desarrollo en el proyecto	Mantención de la plantilla del equipo de desarrollo durante toda su ejecución.	
Integración del equipo de trabajo	Nivel de integración del equipo de trabajo para	

		su desarrollo y avance
	Compromiso del equipo de desarrollo	Compromiso del equipo para el cumplimiento de las tareas
	Experiencia del equipo de desarrollo	Experiencia en el desarrollo de proyectos anteriores
	Organización del modelo de producción	Estructura del modelo de producción en el que se va a desarrollar el proyecto y su grado de organización
	Portabilidad de la solución	Que la solución tenga un grado elevado de portabilidad
	Insumos	Insumos para enfrentar el desarrollo del proyecto.
	Afectaciones ambientales	Afectaciones ambientales que pueda provocar con su desarrollo.
Comercial	Grado de comercialización en el mercado	Nivel máximo que puede ser comercializado el producto en el mercado
	Impacto entre los productos existentes	Repercusión en comparación con los productos de su mismo tipo
	Demanda del producto actual	Cantidad de clientes actual que deseen el producto teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de precio • Condiciones de venta • Demanda esperada • Demanda deseada
	Demanda del producto futura	Cantidad de clientes en el futuro que deseen el producto teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de precio • Condiciones de venta • Demanda esperada • Demanda deseada
	Productos sustitutos	Los productos existentes en el mercado que

		pueden sustituir al realizado
	Productos similares	Los productos similares en el mercado que existan.
	Consumidores potenciales.	Clientes identificados que desean el producto
	Estimación de vida en el mercado	El tiempo que el producto puede tener una alta demanda en el mercado
	Restricciones legales para la introducción de los resultados	Restricciones que puedan afectar la introducción de resultados.
	Determinación de los precios	Determinación de los precios en el mercado en productos similares.
Económicos	Crecimiento de ingresos	Crecimiento de ingresos en el tiempo.
	Ahorro de costos operacionales	Identificación del ahorro de costos operacionales innecesarios.
	Tasa interna de retorno (TIR)	Máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva a la recuperación del capital.
	Valor neto presente	Saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil.
	Recuperación de la inversión en el período.	Tiempo mínimo que tarda en amortizarse la inversión inicial
	Generación del Flujo de Caja(FC)	Generación de costos y beneficios en dinero líquido.

Salidas

- Listado de expertos que participan en el proceso de evaluación con índice de competencia en el tema
- Listado de criterios seleccionados por el especialista principal y los expertos en función de las características de los proyectos a evaluar.

Fase de Evaluación detallada

Entradas

Las entradas correspondientes a esta fase son las salidas de la anterior y se incorpora como una entrada importante el listado de métodos que se utilizan para realizar el proceso de evaluación.

A continuación se presentan las entradas:

- Listado de expertos a participar en el proceso de evaluación.
- Listados de criterios a evaluar en las áreas técnica, comercial y económica
- Listado de métodos de evaluación.

Métodos de evaluación

Método de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP): Ofrece múltiples ventajas para la selección de la mejor alternativa brindado como salida final un valor numérico de cada una permitiendo su ordenación. Se utiliza para evaluar los proyectos en el orden técnico y comercial.

Métodos económicos: Se utiliza el FC, el VAN, la TIR y el PRI para obtener resultados de indicadores en el orden económico, ofreciendo como salida valores numéricos.

Técnicas

En esta sección se describe detalladamente los métodos que se utilizan en el proceso de evaluación.

Método AHP

El método es un procedimiento para cuantificar las opiniones de los expertos en el área técnica y comercial. Se recomienda para su aplicación que el número de proyectos a evaluar sea menor e igual a siete. Los principales pasos a seguir por este método son los siguientes:

1. Análisis de las alternativas existentes
2. Selección de los criterios de evaluación
3. Ponderación de los criterios
4. Valoración de las alternativas según cada criterio
5. Estimar las ponderaciones o pesos relativos de los elementos de la decisión.
6. Comprobar la consistencia de los juicios de los expertos.
7. Cálculo de la prioridad global en el conjunto de alternativas

Paso 1 y 2 detallado: Descomponer el problema en una jerarquía de elementos interrelacionados identificando: a) La meta general, b) los criterios técnicos y comerciales c) los proyectos posibles. En la Figura 5 se muestra un ejemplo.

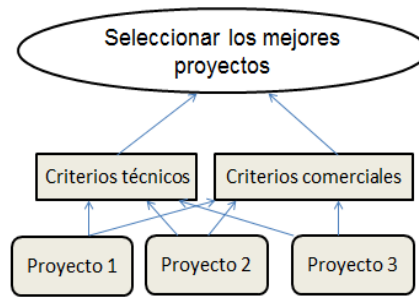


Figura 5 Jerarquía del método AHP. (Elaboración propia)

Nivel 1: Se sitúan los proyectos a evaluar.

Nivel 2: Se sitúan los criterios técnicos y comerciales seleccionados por los expertos.

Nivel 3: Se sitúan los resultados arrojados por el método de cada uno de los proyectos evaluados en orden prioritario.

Paso 3: Ponderación de los criterios

Para llevar a cabo este paso es necesario realizar varias actividades que se muestran a continuación:

Realizar comparaciones pareadas entre los elementos de decisión criterios entre sí y entre las alternativas con respecto a cada criterio. Estas comparaciones se realizan de acuerdo con la escala fundamental propuesta por Saaty. En (MENDOZA 2005) se encuentra la escala fundamental.

Para comprobar la consistencia de los juicios expertos se realiza a través de un “ratio de consistencia” (RC).

Si $RC \leq 0,10$ entonces la matriz considerada no presenta inconsistencias serias, de lo contrario el tomador de decisiones debe reconsiderar y posiblemente revisar los juicios de comparación por pares, antes de seguir adelante con el análisis. El índice de consistencia (IC) se calcula de la siguiente manera. Ecuación 6

$$\text{Ecuación 6 Índice de consistencia } IC = \lambda_{max} - n/n - 1$$

Dónde:

n : Es el número de elementos que se comparan

λ_{max} : Es el valor propio de la matriz, que se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 7 Landa máxima $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AW_i/W_i$

Se determina a continuación la razón de consistencia

Ecuación 8 Razón de consistencia $RC = IC/A$,

Donde:

IA : es un índice aleatorio ya calculado para matrices cuadradas de orden n

Métodos económicos

Para el análisis de factibilidad se tiene en cuenta los criterios económicos estáticos y los dinámicos. Dentro de los estáticos el método de Flujo Neto de Caja este no tienen en cuenta el factor cronológico pero resulta un método simple para tener una primera aproximación de lo esperado con el proyecto. Dentro de los dinámicos se encuentran el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Rentabilidad (TIR), estos consideran el importe monetario y también el momento en que se produce la salida o entrada de recursos, permiten además la incorporación de factores coyunturales como la inflación, avance técnico, fiscalidad entre otros.

Método de Flujo Neto de Caja

Los elementos base para el cálculo de este método constituyen entradas dentro de la fase de iniciación. Se dividen en tres grandes grupos: iniciales, operacionales y finales. Teniendo en cuenta el desglose de estos obtenidos en la fase anterior se procede al cálculo.

Método Valor Actual Neto

Este método que se define como el valor actual de los flujos de caja esperados, entendiéndose por flujos de caja el flujo de ingresos y egresos en efectivo, depende para su cálculo completamente del FC calculado anteriormente. A partir de la ecuación propuesta en el capítulo 1 para su cálculo a continuación se muestra un ejemplo siguiendo como base el ejemplo anterior.

Para $n = 4, A = 160.000,00$ y $k = 12\%$ la cual expresa la rentabilidad mínima que se le exige al proyecto. A continuación se presenta el cálculo del VAN en la Tabla 5

Tabla 5 Cálculo del VAN. (Elaboración propia)

	Inversión Inicial	1er Trim	2do Trim	3ro Trim	4to Trim
Flujo de Caja	-160.000,00	-13.676,47	121.391,29	3.829,10	145.629,10
Depreciación del Dinero	1,00	1,12	1,25	1,40	1,57
	-160.000,00	-12.211,13	96.772,40	2.725,48	92.549,92
VAN	19.836,66				

Después de calculado el método para su interpretación se tiene en cuenta lo siguiente:

Si $VAN > 0$ significa que se recupera la inversión realizada teniendo en cuenta además el valor del dinero en el tiempo. Se puede realizar un análisis con mayor detalle si se realiza una descomposición de los flujos de caja. El resultado del método constituye una entrada para el sistema de inferencia borroso.

Método Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

El presente método económico que se define como la tasa de actualización o descuento r que hace cero la rentabilidad absoluta neta de la inversión, es decir que iguala el valor actual de las corrientes de cobros con el valor neto de las corrientes de pago. Se calcula al igual que el VAN teniendo en cuenta las tasas de actualización que hacen el $VAN=0$, lo cual se alcanza en un proceso de aproximaciones sucesivas.

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos se debe tener en cuenta que el valor de la $TIR > k$ es la diferencia de $TIR - k = rn$ sería la rentabilidad neta por unidad monetaria invertida. El proyecto que mayor TIR tenga va a ser más rentable realizarlo. El resultado del método así como el valor de la k son entradas para el sistema de inferencia borroso.

Método Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Éste método permite conocer el período de tiempo en que mediante los ingresos generados por el proyecto se recupera la inversión realizada. Para el cálculo del mismo se establece el período de recuperación a partir del momento en que el proyecto entra en ejecución.

El criterio de selección de este método sería PR=Mínimo, es decir el proyecto con menor período de recuperación. El resultado final siempre se va a expresar en meses para su entrada al sistema de inferencia borroso.

Sistema de inferencia borroso para el análisis de la factibilidad

En esta sección se realiza la descripción detallada del sistema de inferencia borroso propuesto para la obtención final del resultado del análisis de factibilidad.

Para desarrollar el algoritmo propuesto se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Construir los conjuntos borrosos que representan las salidas de cada uno de los métodos propuestos.
2. Construir las variables lingüísticas que representan la evaluación de cada uno de los métodos propuestos
3. Construcción de las reglas de inferencia borrosas del tipo sugeno grado cero para la clasificación del proyecto respecto a su factibilidad.
4. Explotación del sistema de inferencia borroso para la clasificación

Paso 1 detallado: Construir los conjuntos borrosos que representan las salidas de cada uno de los métodos propuestos.

Para la construcción de los conjuntos borrosos es necesario tener en cuenta las siguientes variables que constituyen salidas de los métodos propuestos:

- Método AHP para la valoración de criterios técnicos.
- Método AHP para la valoración de criterios comerciales.
- Método económico VAN
- Método económico TIR
- Método económico PRI

Para cada variable es necesario especificar los términos lingüísticos que los representan y los conjuntos borrosos, a continuación su definición:

Se define como conjunto borroso **A** en un universo de discurso **U** está caracterizado por una función de pertenencia μ_a en donde cada elemento en el dominio se le asigna un grado de pertenencia al conjunto en el intervalo [0,1] y se representa de la forma $\mu_a : U \rightarrow [0, 1]$. De esta manera un mismo elemento puede pertenecer a varios conjuntos simultáneamente solo que con cierto grado de pertenencia (PIÑERO 2005). Cada conjunto borroso tiene asociado además un término lingüístico de forma tal que la función de pertenencia asociada a un conjunto está ligada a las palabras: alta, media, baja, positivo y negativo.

Para la representación y construcción de las funciones de pertenencia se utilizan los modelos matemáticos: funciones triangulares y funciones trapezoidales. Se definen a continuación los conjuntos borrosos para cada una de las variables antes mencionadas a partir de la Figura 6 .

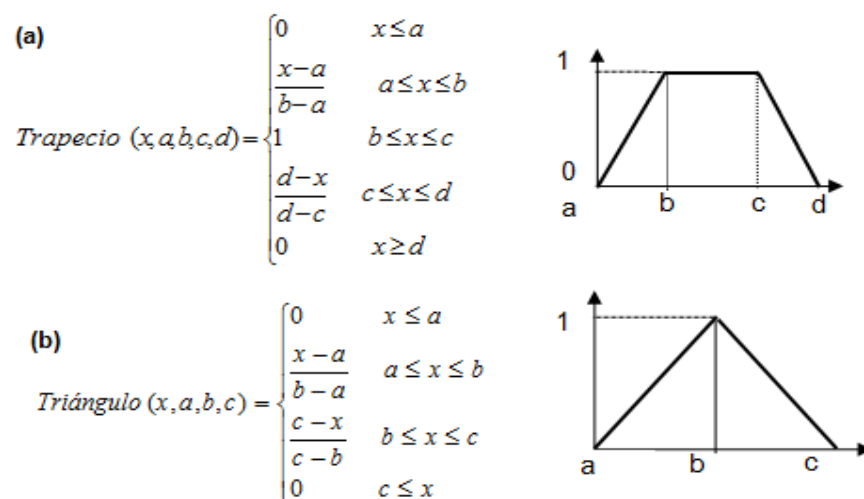


Figura 6 Funciones Trapezoidales y Triangulares. (PIÑERO 2005)

Método AHP para la valoración de criterios técnicos.

Criterio Técnico Bajo = (“Bajo”, Trapecio (x, Nulo, Nulo, 0.25, 0.5))

Criterio Técnico Medio = (“Medio”, Triangulo(x, 0.25, 0.50, 0.75))

Criterio Técnico Alto = (“Alto”, Trapecio (x, 0.5, 0.75, Nulo, Nulo))

Método AHP para la valoración de criterios comerciales.

Criterio Técnico Bajo = (“Bajo”, Trapecio (x, Nulo, Nulo, 0.25, 0.5))

Criterio Técnico Medio = (“Medio”, Triangulo(x, 0.25, 0.50, 0.75))

Criterio Técnico Alto = (“Alto”, Trapecio (x, 0.5, 0.75, Nulo, Nulo))

Método económico VAN

VAN Negativo = (“Negativo”, Trapecio (x, Nulo, Nulo, -1, 1))

VAN Positivo = (“Positivo”, Trapecio (x, 0, 1, Nulo, Nulo,))

Método económico TIR

TIR Negativo = (“Negativo”, Trapecio (x, Nulo, Nulo, -1, k))

TIR Positivo = (“Positivo”, Trapecio (x, k, k+1, Nulo, Nulo))

Donde k = tasa de actualización tomada

Método económico PRI

PRI Recuperable = ("Recuperable", Trapecio (x, Nulo, Nulo, 1, t))

PRI No Recuperable = ("No Recuperable", Trapecio (x, t-1, t+2, Nulo, Nulo))

Donde $t =$ tiempo de ejecución del proyecto en meses

Paso 2 detallado: Construir las variables lingüísticas que representan la evaluación de cada uno de los métodos propuestos

El centro de las técnicas de modelación borrosa lo constituyen las *variables lingüísticas* concepto que agrupa a los conjuntos borrosos asociados a una misma variable. Una *variable lingüística* se caracteriza por un quintuplo $(x, T(f), F, G, M)$ en el actual caso f es el nombre de la variable, $T(F)$ es el conjunto de términos lingüísticos, F es el universo de discurso, M es la regla semántica a la cual se asocia a cada *valor lingüístico* Z su significado $M(Z)$, donde $M(Z)$ denota un conjunto borroso en F , G es el conjunto de reglas sintácticas de generación de términos compuestos, a partir de los términos atómicos que configuran las sentencias que dan lugar a cada valor lingüístico.

A continuación se detallan las variables para cada uno de los métodos propuestos:

Método AHP para la valoración de criterios técnicos.

Esta variable lingüística se representa como el quintuplo

Factibilidad

técnica =

$(x, T_{FactibilidadTécnica}(f), F_{FactibilidadTécnica}, G_{FactibilidadTécnica}, M_{FactibilidadTécnica})$

Dónde:

$T(f)_{FactibilidadTécnica} = \{\text{"Bajo"}, \text{"Medio"}, \text{"Alto"}\}, F_{FactibilidadTécnica} \in [0,1]$

$M_{FactibilidadTécnica}$

$= \{\text{Criterio Técnico Bajo}, \text{Criterio Técnico Medio}, \text{Criterio Técnico Alto}\}$

$G_{FactibilidadTécnica}$ y $G_{FactibilidadComercial}$: Se representa a partir de la Figura 7 que muestra la representación de la variable lingüística factibilidad técnica.

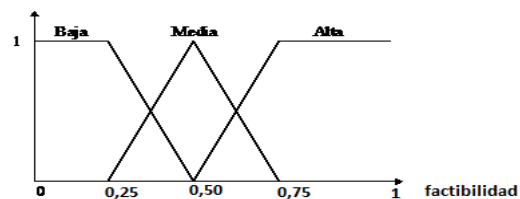


Figura 7 Variable lingüística factibilidad técnica

Método AHP para la valoración de criterios comerciales.

Esta variable lingüística se representa como el quintuplo:

Factibilidad

comercial=

$$(x, T_{\text{FactibilidadComercial}}(f), F_{\text{FactibilidadComercial}}, G_{\text{FactibilidadComercial}}, M_{\text{FactibilidadComercial}})$$

Dónde:

$$T(f)_{\text{FactibilidadComercial}} =$$

$$\{\text{"Bajo"}, \text{"Medio"}, \text{"Alto"}\}, F_{\text{FactibilidadComercial}} \in [0,1] M_{\text{FactibilidadTécnica}} = \{\text{Criterio Técnico Bajo}, \text{Criterio Técnico Medio}, \text{Criterio Técnico Alto}\}$$

Método económico VAN

Esta variable lingüística se representa como el quintuplo:

$$VAN = (x, T_{VAN}(x), F_{VAN}, G_{VAN}, M_{VAN})$$

$$\text{Dónde: } T(x)_{VAN} = \{\text{"Positivo"}, \text{"Negativo"}\}, F_{VAN} \in [0,1]$$

$$M_{VAN} = \{F_{VAN} \text{ Positivo}, F_{VAN} \text{ Negativo}\}$$

G_{VAN} : Se representa a partir de la Figura 8 que muestra la representación de la variable lingüística F_{VAN} .

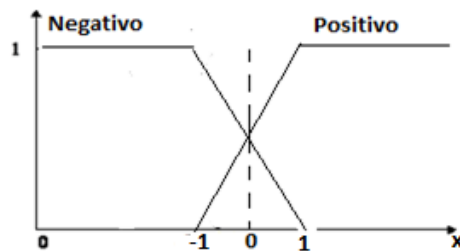


Figura 8 Variable lingüística VAN. (Elaboración propia)

Método económico TIR

Esta variable lingüística se representa como el quintuplo:

$$TIR = (x, T_{TIR}(x), F_{TIR}, G_{TIR}, M_{TIR})$$

$$\text{Dónde: } T(x)_{TIR} = \{\text{"Positivo"}, \text{"Negativo"}\}, F_{TIR} \in [0,1]$$

$$M_{TIR} = \{F_{TIR} \text{ Positivo}, F_{TIR} \text{ Negativo}\}$$

G_{TIR} : Se representa a partir de la Figura 9 que muestra la representación de la variable lingüística F_{TIR} .

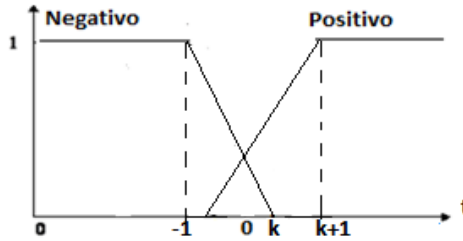


Figura 9 Variable lingüística TIR. (Elaboración propia)

Método económico PRI

Esta variable lingüística se representa como el quintuplo:

$$PRI = (x, TPRI(x), FPRI, GPRI, MPRI)$$

Dónde: $T(x)PRI = \{“Recuperable”, “No Recuperable”\}, FPRI \in [0,1]$

$$MPRI = \{FPRI \text{ Recuperable}, FPRI \text{ No Recuperable}\}$$

GPRI: Se representa a partir de la Figura que muestra la representación de la variable lingüística *FPRI*.

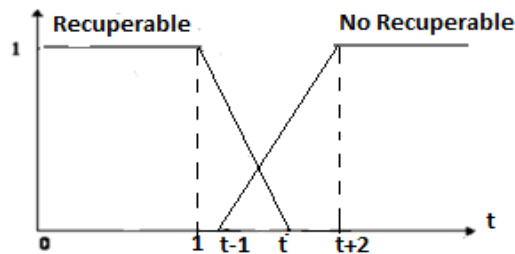


Figura 10 Representación de la variable *PRI*.(Elaboración Propia)

Paso 3 detallado: Construcción de las reglas de inferencia borrosas del tipo sugeno grado cero para la clasificación del proyecto respecto a su factibilidad.

Las variables lingüísticas y sus conjuntos borrosos son usados para describir relaciones entre variables en forma de reglas *If-then* que se les conoce como reglas borrosas. Se define una regla borrosa *R* como una tupla (*P*, *Q*) donde *P* son los conjuntos borrosos que representan a los antecedentes y *Q* es el consecuente. En el presente sistema se crearon un total de 72 reglas borrosas. A continuación se muestran una representación de la formulación de las reglas que fueron implementadas en la herramienta.

R1: Si AHP1 es Alto y AHP2 es Alto y VAN es Positivo y TIR es Positivo y PRI es Recuperable entonces F es Alta

R2: Si AHP1 es Alto y AHP2 es Alto y VAN es Negativo y TIR es Negativo y PRI es No Recuperable entonces F es No Factible

R3: Si AHP1 es Alto y AHP2 es Alto y VAN es Positivo y TIR es Positivo y PRI es No Recuperable entonces F es Media

R4: Si AHP1 es Alto y AHP2 es Alto y VAN es Positivo y TIR es Negativo y PRI es No Recuperable entonces F es Baja

R5: Si AHP1 es Baja y AHP2 es Baja y VAN es Positivo y TIR es Positivo y PRI es Recuperable entonces F es Baja

Paso 4 detallado: Explotación del sistema de inferencia borroso para la clasificación

Topología del sistema borroso

Para la topología del sistema borroso se seleccionó un modelo orientado a nodos de 5 capas que se presenta a continuación

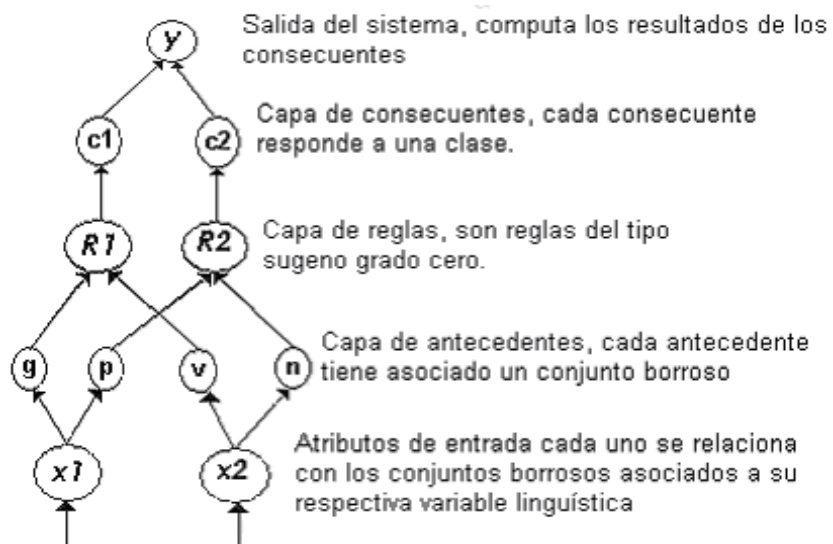


Figura 11 Sistema borroso orientado a nodos. (PIÑERO 2005)

La capa de los atributos de entrada está representada por el valor numérico de cada uno de los métodos de evaluación discutidos en el paso 1, esta capa tiene 5 nodos.

La capa de los antecedentes representa los 12 nodos cada uno representando los conjuntos borrosos descritos en el paso 1. Los nodos de esta capa están conectados con nodos de la capa anterior de forma tal que cada atributo de entrada se conecta con todos los conjuntos borrosos de la variable lingüística que ellos representan. La capa de las reglas tiene 72 nodos cada uno representando una de las reglas del sistema de inferencia borroso descritas en el paso 3. Cada nodo de esta capa recibe como entrada la salida de los conjuntos borrosos de la capa anterior siempre que estos estén representados en la regla en cuestión.

La capa de los consecuentes representa la variable factibilidad y toma cuatro valores posibles, representando cada uno una clase, No factible, Factibilidad Baja, Factibilidad Media, Factibilidad Alta.

Esta capa está compuesta por cuatro nodos que agrupan a todas las reglas que comparten el mismo consecuente.

La capa de salida del sistema está conectada con todos los nodos de la capa anterior y es la encargada de mezclar las respuestas y devolver la respuesta final del sistema formada por la clasificación ordenada de las respuestas de los nodos de la capa anterior.

Método de cálculo del sistema borroso

El modelo de funcionamiento del sistema borroso se basa en los siguientes principios:

- Se utilizará como TNorma, el Min, o el Producto
- Se utilizará como CNorma, el Max

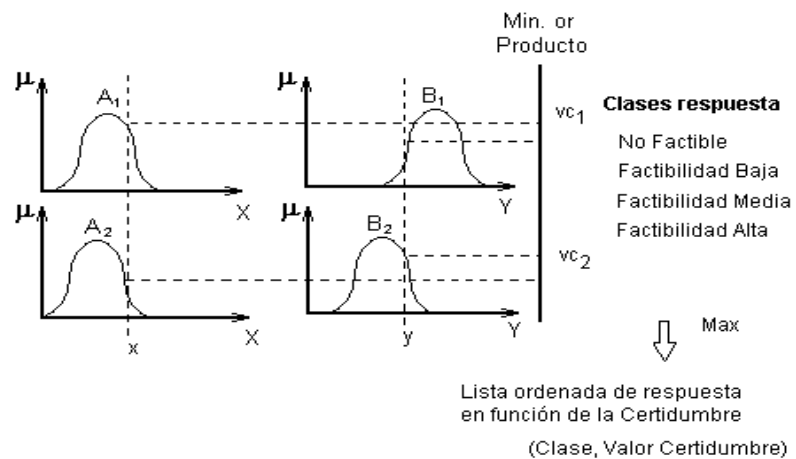


Figura 12 Clases Respuesta del sistema de inferencia modificado de (PIÑERO 2005)

Salidas

- Lista de proyectos con los criterios evaluados con menor puntuación en el orden técnico y comercial

Esta lista se obtiene a partir de la evaluación de los proyectos en las áreas técnicas y comerciales aplicando el método AHP. Se presentan todos los proyectos con los criterios evaluados en orden descendente, de esta manera se identifican aquellos criterios más débiles que pueden representar riesgos para la ejecución del proyecto. A partir del análisis de éstos los gerentes de los proyectos pueden crear estrategias para su mejoramiento en caso de ejecutarse el proyecto.

- Lista ordenada de proyectos en función de la certidumbre (Clase, Valor certidumbre)

Una vez concluida la evaluación las personas que deciden la ejecución de los proyectos tienen elementos suficientes que los ayuden a la hora de tomar la decisión de ejecutar el proyecto. El modelo ofrece como salida final del proceso de evaluación una lista ordenada de proyectos en su orden de factibilidad, ilustrando aquellos proyectos que pueden ser más factibles realizar para la organización, queda en las manos de ésta seleccionar la ejecución de los proyectos en función de sus objetivos estratégicos

2.3 Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se propone un modelo para la evaluación de proyectos de software que tiene aplicación fundamentalmente para proyectos de Innovación más desarrollo. En el análisis de las debilidades y fortalezas del modelo propuesto se arriban a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró un modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software basado en técnicas de *soft computing*.
- Se definen dos fases para el proceso de evaluación: iniciación y evaluación; las cuales tienen entradas, técnicas, herramientas y salidas.
- Se proponen un conjunto de criterios técnicos, comerciales y económicos a partir de las tendencias existentes, los cuales se seleccionan para cada proceso en función de las características de los proyectos a evaluar.
- El modelo tiene una estructura jerárquica donde cada nivel inferior tributa al superior, permitiendo además la introducción de varios métodos cualitativos como el AHP y cuantitativos como los económicos.
- En la parte superior de la jerarquía para dar los resultados finales de la evaluación se propone un sistema de inferencia borrosa el cual permite dar 4 clases de respuesta: factibilidad alta, factibilidad media, factibilidad baja y no factible, además de un valor de certidumbre de la información generada.
- El resultado final es un listado de proyecto ordenado según las clasificaciones propuestas, además de un listado de los criterios con los menores valores según el proyecto.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Introducción

En este capítulo se realiza un análisis de los resultados de la aplicación del modelo para evaluar la factibilidad técnica, económica y comercial en proyectos reales de software de la UCI. La validación se realiza a través de un pre-experimento donde se aplica el modelo a toda la muestra seleccionada realizándose una comparación de los resultados antes de la aplicación del modelo y luego de ser aplicado. Adicionalmente se realizan comparaciones de la herramienta propuesta con otras existentes en el mercado para la gestión de proyectos, así como se realiza un análisis del impacto de la propuesta realizada.

3.1 Comparaciones respecto a las variables independientes y dependientes

Análisis de resultados respecto a la variable independiente

Para realizar el análisis de la variable independiente propuesta se tienen en cuenta si en los diferentes modelos para la evaluación de proyectos anteriormente vistos en el capítulo 1 se encuentran los indicadores que se desglosan a continuación para el análisis de la variable:

- Facilidades para el análisis técnico
- Facilidades para el análisis económico
- Facilidades para el análisis comercial
- Tratamiento de la incertidumbre de la información
- Combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas para el análisis

Para dejar la evidencia del indicador en el modelo se utiliza un signo de (+), en caso de ponerse más de uno significa que se trabaja con mayor fortaleza. A continuación se muestra la Tabla 6.

Tabla 6 Análisis de variable independiente. (Elaboración propia)

	Indicadores	1	2	3	4	5
Modelos Económicos(Carazo 2008; Mesa 2005)	Flujo de Caja		+			
	Valor Actual Neto		+			
	Tasa Interna de		+			

	Retorno					
	Período de Recuperación		+			
Modelos Basados en la experiencia(Carazo 2008)	Tablas de decisión					+
	Árboles de decisión					+
	Criterios de expertos	+		+	+	+
Modelos matemáticos (Cascales 2008), (Cortés 2007)	Modelos Comparativos					
	Conteo de la Dominancia					+
	Modelos de Puntuación	+		+	+	+
Modelos de Simulación (Moreno 2010)		+	+		+	
Modelos de Programación matemática	Mono objetivo				+	+
	Multiobjetivo				+	+
Modelo Basado en Clúster (Ho W 2010)						+
Modelo propuesto en la investigación		+	+	+	+	+

Después de analizar la incidencia de los indicadores en los modelos de evaluación estudiados se puede llegar a la conclusión que en ningún caso se evalúan todos, en el caso de los modelos de simulación éstos por si solos dependen de otros métodos para poder simular la ocurrencia del hecho y en el caso de los modelos comparativos vale destacar que algunos de ellos pueden trabajar la consistencia de la

información de forma opcional, así como en los de programación matemática. Destacar dentro de los modelos de comparación al método AHP, que trabaja todos los indicadores menos el económico por lo cual fue seleccionado dentro de la propuesta.

A continuación se realiza una comparación de un grupo de 19 herramientas de gestión de proyectos utilizadas internacionalmente para la gestión de proyectos en diferentes entornos. En la Tabla 7 se señala si en las mismas se encuentran funcionalidades tales como:

1. Análisis técnico de estudio de factibilidad
2. Análisis económico de estudio de factibilidad
3. Análisis comercial de estudio de factibilidad
4. Tratamiento de la incertidumbre de la información
5. Combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas para el análisis de factibilidad
6. Evaluación de expertos
7. Análisis de inconsistencias de opinión de expertos

Tabla 7 Comparación del GESPRO 12.05 con otras herramientas. (Elaboración propia)

#	Herramientas de Gestión de Proyectos	1	2	3	4	5	6	7	Cantidad de Sí
1	GESPRO 12.05	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	7
2	GESPRO 11.05	No	No	No	No	No	No	No	0
3	Project.NET	No	No	No	No	No	No	No	0
4	Project-Open	No	No	No	No	No	No	No	0
5	OpenERP	No	No	No	No	No	No	No	0
6	AtTask	No	No	No	No	No	No	No	0
7	Clarizen	No	No	No	No	No	No	No	0

8	Genius Inside	No	No	No	No	No	No	No	0
9	Microsoft Office Project Server	No	No	No	No	No	No	No	0
10	Planisware 5	No	No	No	No	No	No	No	0
11	Project Planner	No	No	No	No	No	No	No	0
12	Projektron BCS	No	No	No	No	No	No	No	0
13	PSNext	No	No	No	No	No	No	No	0
14	Severa	No	No	No	No	No	No	No	0
15	Tenrox	No	No	No	No	No	No	No	0
16	TrackerSuite.Net	No	No	No	No	No	No	No	0
17	WorkLenz	No	No	No	No	No	No	No	0
18	Assembla	No	No	No	No	No	No	No	0
19	QuickBase	No	No	No	No	No	No	No	0

Como se puede apreciar en la tabla comparativa, ninguna de las herramientas utilizadas internacionalmente para la gestión de proyectos tiene incorporado facilidades para realizar estudios de factibilidad, la mayoría de estas herramientas se centran en la planificación de las diferentes áreas de la gestión de proyectos, cabe preguntarse si realmente son necesarias las funcionalidades para estudios de factibilidad en las herramientas de gestión de proyectos, si la tendencia internacional es que no se incluyan. La respuesta a esta interrogante a partir de los estudios hechos en la presente investigación es que si se deben contemplar, para poder realizar un mejor seguimiento en el ciclo de vida de los proyectos, realizar estudios de factibilidad y revisiones del mismo en diferentes momentos.

En la versión 12.05 del GESPRO se incluyen facilidades para realizar estudios de factibilidad en el orden técnico, económica y comercial, brindando a los especialistas mayor información para decidir la ejecución de los proyectos en diferentes momentos.

Conclusiones parciales de la variable independiente: modelo de factibilidad para evaluar proyectos de software.

Después de realizar un análisis de la variable a partir de su desglose en diferentes indicadores se ha evidenciado que el modelo propuesto en comparación con los demás presenta una combinación que permite realizar los estudios de factibilidad utilizando métodos cualitativos y cuantitativos, permitiendo además tener presente la opinión de expertos, adicionalmente realiza tratamiento de la incertidumbre de la información. También se compara la implementación del mismo en la versión 12.05 del GESPRO con otras herramientas de gestión de proyectos, superando esta versión a todas las herramientas estudiadas porque incluye facilidades para realizar estudios de factibilidad en diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

Análisis de resultados respecto a las variables dependientes

A continuación en la Tabla 8 se realiza una comparación respecto a la variable dependiente, realizándose una evaluación del GESPRO en su versión 11.05 con la versión 12.05 la cual contiene el modelo propuesto. La evaluación se realiza a partir del desglose de los indicadores de la variable.

Tabla 8 Comparación respecto a la variable dependiente. (Elaboración propia)

Indicadores	Evaluación Antes GESPRO 11.05	Evaluación Después GESPRO 12.05
Incluye métodos de análisis de factibilidad técnico, económico y comercial	No	Si
Integralidad en la evaluación de múltiples indicadores (técnicos económicos, comerciales)	No	Si

Como se puede apreciar en la Tabla 8 en la comparación realizada se evidencia que la versión 12.05 supera en todos los aspectos referidos a los estudios de factibilidad a la versión 11.05.

Conclusiones parciales de la variable independiente: modelo de factibilidad para evaluar proyectos de software.

Al evaluar la variable dependiente se evidencia que va a existir una mejora significativa al incorporar en el GESPRO 12.05 facilidades para realizar estudios de factibilidad, los cuales van a incluir la integralidad de indicadores como son los técnicos, comerciales y económicos, además de incluir métodos de un sustento matemático fuerte como lo es el AHP, así como métodos económicos que brindan resultados importantes para la toma de decisiones a la hora de decidir la ejecución de una inversión. Es importante destacar además la inclusión del sistema de inferencia borrosa el cual permite disminuir la incertidumbre de la información que se genere durante el proceso.

Análisis de resultados respecto a la variable dependiente integración del proceso de factibilidad con el ciclo de vida del proyecto

La evaluación de la variable se muestra en la Tabla 9, donde se realiza un análisis de la importancia del estudio de factibilidad, durante el ciclo de vida de los proyectos, se señalan los diferentes momentos en los cuales a partir de la herramienta se puede realizar estudios de factibilidad en la versión 12.05 del GESPRO o revisiones de éste.

Tabla 9 Análisis de la variable dependiente. (Elaboración Propia)

Momentos donde se realiza estudios de factibilidad y revisiones del mismo		Evaluación Antes GESPRO 11.05	Evaluación Después GESPRO 12.05
Análisis estratégico , identificación de necesidad de inversión		No	Si
Análisis de factibilidad del ante-proyecto		No	Si
Desarrollo del Proyecto	Gestión de cambios	No	Si
	Cierre del proyecto	No	Si
	Control y seguimiento	No	Si
Mantenimiento y evolución		No	Si

Como se evidencia que en la versión anterior del GESPRO no se encontraba ninguna facilidad para el seguimiento del estudio de factibilidad durante el ciclo de ejecución del proyecto, lo cual es de gran importancia ya que un buen estudio de factibilidad en el inicio de la contratación del proyecto garantiza una ejecución posterior con menor cantidad de riesgos.

Conclusiones parciales de la variable dependiente integración del proceso de factibilidad con el ciclo de vida del proyecto

A partir del análisis realizado se concluye que la versión 12.05 del GESPRO brinda la posibilidad de realizar estudio de factibilidad durante el período de concepción y después realizar revisiones de este durante diferentes momentos del ciclo del proyecto e incluso una vez termine el desarrollo del mismo para realizar estudios de la evolución y mantenimiento de este. Estas facilidades brindan un importante aporte a la suite GESPRO ya que contribuye a realizar un seguimiento desde los inicios del proyectos hasta que cierre la ejecución de la inversión, permite además el control y seguimiento de los costos previstos en los momentos iniciales ya que se pueden identificar las desviaciones significativas de este parámetro comparando con los resultados obtenidos en los estudios de factibilidad económica en la concepción del proyecto.

3.2 Análisis de aplicación

Para la validación de la propuesta realizada se consideraron como muestra los proyectos que se describen a continuación:

Resumen de la muestra

Proyecto SDM: Este proyecto tiene como objetivo mejorar este servicio que se ofrece a Cuba, se reutiliza el personal que actualmente ofrece este servicio mejorando la eficiencia y productividad del trabajo, se introduce además una tecnología de puntera en el mundo, Asterisk como solución de tecnología IP. Se obtiene un sistema Web que integra componentes que permite gestionar toda la información recibida por la operadora.

Proyecto DAEDOICIM: Este proyecto tiene como objetivo realizar un levantamiento del estado actual de DOICIM en las dimensiones Negocio, Datos, Aplicaciones, Infraestructura, RR HH e Integral para así hacer un análisis de las principales debilidades y oportunidades existentes, determinar un estado deseado y una serie de estados intermedios que permitan el tránsito gradual hacia el deseado. Además de conformar un portafolio de proyectos y trazar una hoja de ruta que permita la transición hacia el estado deseado que potencie el cumplimiento de la misión y los objetivos estratégicos de DOICIM.

Proyecto GINA: Tiene como objetivo informatizar completamente los procesos aduanales del país, a provechando el desarrollo de las tecnologías que se están llevando a cabo en estos momentos como apoyo para el control de los mismos. Es una solución Web desarrollada sobre tecnologías libres.

Proyecto PGV2: Tiene como objetivo garantizar la comunicación entre la UCI y los graduados de la misma, para lo cual es esta versión se incorpora una nuevo diseño y arquitectura de la información que permite mejorar la gestión del conocimiento. Debe implementar un módulo para los cursos a distancia, comunidades virtuales, así como mensajería en línea web para mantener la comunidad de los graduados activa fuera del centro.

Proyecto PC: Tiene como objetivo fundamental informatizar el Sistema Penitenciario cubano para apoyar los procesos de trabajo que se ejecutan para el control, tratamiento y atención a los internos en los Establecimientos Penitenciarios y los correspondientes a los tres niveles de mando. Lleva incluido el diseño de un almacén de datos que responda a las necesidades de información. La propuesta de solución está basada en una aplicación Web.

Proyecto SIGC-PBX: Esta aplicación tiene que brindar al cliente el valor monetario que este deberá abonar de forma mensual, como resultado de las llamadas telefónicas efectuadas a través de la pizarra a su empresa. Debe además registrar toda la información de las llamadas entrantes y salientes, así como brindar un grupo de reportes.

Proceso de evaluación

Para realizar el estudio de factibilidad de los proyectos se utilizó la herramienta implementada a partir del modelo propuesto, el cual se integra a la versión 12.05 del GESPRO como un componente más.

Se siguieron las fases propuestas en la solución con la muestra seleccionada, de cada uno de los proyectos se obtuvo un grupo de información de entrada la cual permitió evaluar a los diferentes expertos, así como realizar los cálculos de los métodos económicos.

Para la evaluación de los proyectos con el método AHP se seleccionaron un total de 5 expertos a los cuales se les evaluaron sus competencias, demostrando ser capaces de participar en el proceso.

Definición de métrica para analizar los resultados

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos, a partir de evaluar los proyectos con la herramienta se realiza una medición, la cual mide la distancia entre los resultados reales de los proyectos y los obtenidos con la herramienta. Esta medición cumple con los cinco principios básicos propuestos por Pressman (PRESSMAN 2010).

Objetivo de la medición: Conocer el grado de precisión de la herramienta con respecto a la realidad.

El grado de aceptación de los proyectos se determina con las siguientes medidas:

- *Casos positivos*: Son aquellos donde los resultados de factibilidad del sistema y la realidad arrojan los mismos resultados.
- *Casos falsos positivos*: Son aquellos donde el sistema arroja que los proyectos son factibles y en la realidad el proyecto fue cancelado o no exitoso.
- *Casos falsos negativos*: Son aquellos donde el sistema arrojó que los proyectos no son factibles y en la realidad si fueron factibles.

En los resultados obtenidos es importante prestar especial atención a los falsos positivos porque pueden implicar que se realice una inversión en un proyecto que sea no factible. Se establece una relación de semejanza entre lo arrojado por el sistema y la realidad a través de la distancia existente entre uno y otro. La determinación de cada uno de los casos se realiza a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 9 } D_i = |R_i - S_i|$$

Dónde: $D_i = \text{distancia}$

$R_i = \text{Factibilidad real de los proyectos}$

$S_i = \text{Factibilidad arrojada por el sistema}$

Si $D \leq 2$ se considera un grado aceptable de acierto entre lo real y lo arrojado por el sistema. El umbral definido puede ser ajustado para diferentes situaciones no es interés de este trabajo profundizar en este sentido. Se puede además establecer otras fórmulas de distancia en caso de que se considere, estos elementos son reflejados en las recomendaciones del trabajo.

Análisis de los resultados obtenidos

Una vez evaluados los proyectos en la herramienta por los expertos, se unen los resultados de la evaluación con los resultados de los métodos a través del sistema de inferencia borroso, el cual da los resultados finales a partir de la combinación de las reglas de inferencia. El resultado se muestra a partir de las 4 clasificaciones dadas anteriormente en el capítulo 2, además de darse el valor de certidumbre de la información. A continuación se muestra un desglose de los resultados obtenidos basados en los criterios comerciales, técnicos y económicos, en cada una de las tablas se presenta lo arrojado por el sistema, sí como lo real y el tipo de caso que representa, además del porcentaje que representa cada caso del total.

Respecto a la factibilidad comercial

En la Tabla 10 se muestran los resultados arrojados por la herramienta a partir de la evaluación de los indicadores comerciales.

Los indicadores comerciales que se tuvieron en cuenta fueron:

- Grado de comercialización en el mercado
- Impacto entre los productos existentes
- Demanda del producto actual

Tabla 10 Comparación real contra sistema respecto a la factibilidad comercial. (Elaboración propia)

Proyectos	Factibilidad Comercial	Lugar por el sistema	Lugar real	Tipo de caso
PC	0.29	1	6	Falso positivo
GINA	0.26	2	1	Positivo
SDM	0.13	3	4	Positivo
SIGC-PBX	0.09	4	3	Positivo
PGV2	0.06	5	2	Falso negativo
DAEDOICIM	0.05	6	5	Positivo

A continuación en la Tabla 11 se muestran los porcentos asociados a la factibilidad comercial.

Tabla 11 Tipo de caso en por ciento respecto a la factibilidad comercial. (Elaboración propia)

Tipo de caso	% respecto al total de proyectos	Cantidad de Proyectos
Casos positivos	66.66%	4
Casos falso positivo	16.6%	1
Casos falso negativo	16.6%	1

Como se puede apreciar en las tablas los proyectos PC y GINA son los que pueden presentar mayor aceptación en el mercado ya que los mismos a partir de varias personalizaciones pueden ser adaptables para otros países, en cambio los restantes son generalmente productos realizados a la medida. En el caso de PC que da como resultado falso positivo, este proyecto fue cancelado por problemas internos de la universidad, no porque no tuviese una buena aceptación en el mercado. Los resultados arrojados por el

sistema en general son positivos que ya que se acercan bastante a la realidad según los porcentos que se muestran.

Respecto a la Factibilidad Técnica

Los criterios o indicadores comerciales que se tuvieron en cuenta para realizar las evaluaciones fueron:

- Especificaciones técnicas de software
- Especificaciones técnicas de hardware
- Afectaciones ambientales Impacto social del producto

A continuación en la Tabla 12 y Tabla 13 se muestran los resultados de las comparaciones realizadas.

Tabla 12 Comparación real contra sistema respecto a la factibilidad técnica. (Elaboración propia)

Proyectos	Factibilidad Técnica	Lugar por el sistema	Lugar real	Tipo de Caso
PC	0.26	1	6	Falso positivo
GINA	0.22	2	1	Positivo
SDM	0.16	3	4	Positivo
PGV2	0.15	4	2	Positivo
SIGC-PBX	0.1	5	3	Positivo
DAEDOICIM	0.07	6	5	Positivo

Tabla 13 Tipo de caso en porciento respecto a la factibilidad técnica. (Elaboración propia)

Tipo de caso	% respecto al total de proyectos	Cantidad de Proyectos
Casos positivos	83.33%	5
Casos falso positivo	16.6%	1
Casos falso negativo	0	0

En la Tabla 12 los proyectos de mayor factibilidad técnica son PC y GINA ambos contienen un buen impacto social y comparados con los demás tiene un grupo de especificaciones técnicas y de hardware con los que la universidad cuenta para enfrentarlos. En el caso de los SDM y DME ambos arrojaron resultados muy similares ya que tienen características en común y un buen impacto social. En general todos los proyectos evaluados no representan un peligro medioambiental lo cual es positivo y en todos los casos se cuenta con los recursos para realizarlos. En la Tabla 13 se obtienen porcentos mucho mejores que en el caso de la factibilidad comercial y está dado fundamentalmente por el impacto social que representan todos los proyectos, lo cual fue un factor decisivo para ejecutarlos en el entorno real.

Respecto a la factibilidad económica

Los criterios o indicadores económicos que se tuvieron en cuenta para realizar las evaluaciones se muestran en la Tabla 14 y en la Tabla 15 los porcentos arrojados según el entorno real.

Tabla 14 Comparación real contra sistema respecto a la factibilidad económica. (Elaboración propia)

Proyectos	VAN	PRI	TIR tasa de 12%	Lugar por el sistema	Lugar real	Tipo de Caso
PC	\$610033.6	3.8 (m)	1.0	1	6	Falso Positivo
GINA	\$256732.6	3.2 (m)	1.0	2	1	Positivo
SIGC-PBX	\$23122.4	9.89(m)	0.24	3	3	Positivo
SDM	\$19836.6	10.39(m)	0.16	4	4	Positivo
DAEDOICIM	\$570.88	11.09(m)	0.13	5	5	Positivo
PGV2	\$-37498.7	15.0(m)	3.81	6	2	Falso Negativo

Tabla 15 Tipo de caso en porcentaje respecto a la factibilidad económica. (Elaboración propia)

Tipo de caso	% respecto al total de proyectos	Cantidad de Proyectos
Casos positivos	66.66%	4
Casos falso positivo	16.6%	1
Casos falso negativo	16.6%	1

Como se puede apreciar en la

Tabla 15 los resultados arrojados por el sistema en el orden económico no se encuentran alejados de la realidad. Para establecer el orden se tuvo en cuenta, que un proyecto rentable debe tener VAN positivo y el mayor valor, en el caso del PRI serán más rentables lo que menor período tengan, y en el caso del método TIR se compara con la tasa de actualización entrada. El proyecto PGV2 que presentó más bajos resultados en este orden tiene un alto impacto social por lo se desarrolló satisfactoriamente en la realidad.

A continuación se presenta la Tabla 16 y Tabla 17 con los resultados finales arrojados por el sistema de inferencia borrosa teniendo en cuenta los tipos de factibilidades antes analizados y además el grado de certeza de la información.

Tabla 16 Comparación entre lo arrojado por el sistema y lo real. (Elaboración propia)

Proyectos	Lugar de Factibilidad real	Lugar arrojado por el sistema	Distancia	Tipo de caso
SDM	4	4	0	Positivo
DAEDOICIM	5	5	0	Positivo

GINA	1	1	0	Positivo
PGV2	2	6	4	Falso Negativo
PC	6	2	4	Falso positivo
SIGC-PBX	3	3	0	Positivo

Tabla 17 Tipo de caso en por ciento respecto a los resultados finales. (Elaboración propia)

Tipo de caso	% respecto al total de proyectos	Cantidad de Proyectos
Casos positivos	66.66%	4
Casos falso positivo	16.6%	1
Casos falso negativo	16.6%	1

Como se muestra en las Tabla 16 y Tabla 17 el sistema tuvo certeza total en 4 de los proyectos evaluados con respecto a la realidad.

En el caso de PC lo arrojó falso positivo dado que este proyecto fue cancelado luego de haber comenzado su desarrollo, el fracaso del mismo está asociado a que no se hizo un análisis profundo del equipo de desarrollo que lo iba a ejecutar, al realizar los estudios previos del proyecto se contó con un equipo preparado en el negocio en el que se iba a desarrollar, posteriormente cuando comenzó la ejecución el equipo que comenzó el desarrollo era generalmente nuevo y por tanto con poca experiencia lo que trajo consigo que no fuesen capaces de realizar el desarrollo en el tiempo pactado. Esta experiencia indica que al realizar los estudios de factibilidad y evaluar los indicadores debe hacerse con sumo cuidado evaluando las condiciones reales de recursos disponibles e incluso previendo situaciones de riesgo, como es el caso.

En el caso del PGV2 los resultados en la realidad fueron mucho mejores de lo que arrojó el sistema y esto está dado fundamentalmente porque la respuesta del sistema está basada en que económicamente este proyecto no era factible para la institución, sin embargo había un interés social para la misma de que el mismo fuese desarrollado porque los principales beneficiados son los graduados UCI. En casos como estos la herramienta realiza arroja resultados de los tres tipos de análisis de manera independiente y la

unión de estos. Es la organización quien finalmente decide cual proyecto ejecutar según sus objetivos estratégicos.

Conclusiones parciales del análisis de la aplicación

Como se ha podido observar en el presente epígrafe se ha realizado una comparación de los resultados arrojados por la herramienta propuesta en el orden de la factibilidad comercial, técnica y económica con los resultados reales históricos de los proyectos utilizados en la muestra. El resultado final no se encuentra alejado de la realidad coincidiendo con el real en la mayoría de los casos como se muestra en las diferentes tablas, por lo que se demuestra la efectividad del modelo y de la herramienta en sí.

3.3 Análisis del Impacto de la propuesta

El presente análisis se realiza a partir del costo de herramientas que pudieran ser sustitutas en el mercado internacional, aunque en las conclusiones del capítulo 1 se evidencia que ninguna herramienta se adapta completamente al entorno de desarrollo de la UCI o son privativas, además de que no todas realizan la combinación del análisis técnico, económico y comercial. A continuación en la Tabla 18 se muestra el costo relativo de las herramientas sustitutas, así como el costo de la herramienta propuesta en la presente investigación.

Tabla 18 Precios de herramientas sustitutas en el mercado. (Elaboración propia)

Herramientas Sustitutas	Breve Descripción	Costo	Licencia
Herramienta Decide	Dirigida a consultoras, despachos, bancos y otros agentes	\$ 2900 USD para un mes	Privativa
Herramienta ExpertChoice	Basada en el método de Sattyde AHP, dirigida a la toma de decisiones basada en opiniones de expertos	\$ 2500 USD para un mes	Privativa
Herramienta EasyPlanEx	Solución integral para evaluar y optimizar la formulación de proyectos de inversión.	\$1960 para un año solo para 25 usuarios	Licencia Académica con precio especial

Como se muestra en la Tabla 18 si se fuera a utilizar alguna de estas herramientas para realizar algún tipo de estudio específico, el país tendría que hacer inversiones que se recuperarían en el caso de que los proyectos evaluados ingresen una cantidad estimada apropiada para suplir estos gastos. Adicionalmente cada una de estas herramientas tiene un tiempo de utilización restringido así como una cantidad de usuarios determinadas para utilizarlo, lo que significa que habría que comprar nuevamente licencia para su utilización en el caso que se vayan a evaluar proyectos en otros períodos de tiempo.

A continuación se precisan las ideas fundamentales del impacto económico y social con la utilización de la herramienta:

- Mejor priorización de los proyectos para una distribución más eficiente de recursos.
- Facilita el análisis económico y financiero de las inversiones.
- Sustituye importaciones en el caso de existir la necesidad de comprar este producto en el mercado.
- Contribuye a la soberanía tecnológica ya que es basada en tecnologías libres.

- Se benefician además los siguientes actores:
 - Inversionista (le garantiza que su inversión será empleada en un proyecto viable)
 - Equipo de desarrollo (permite conocer sus debilidades y fortalezas para el desarrollo)
 - Usuarios finales (estarán más seguros del éxito potencial de los proyectos)

Conclusiones parciales del impacto de la herramienta

La utilización de la herramienta tiene un impacto positivo, incide fundamentalmente en una mejor selección de las inversiones y las alternativas de solución. La no existencia de herramientas de este tipo puede traer consigo la ejecución de proyectos ineficientes que traigan consigo un impacto económico negativo.

3.4 Conclusiones parciales del capítulo

Después de haber realizado el análisis de los resultados se llegan a las siguientes conclusiones:

- La aplicación del modelo propuesto en el GESPRO permitió a través de indicadores y métodos realizar análisis de factibilidad técnica, comercial arrojando resultados favorables comparados con el entorno real.
- La realización de estos estudios permite una mayor integración de este proceso al ciclo de vida de los proyectos.

- Se incorporaron en la versión 12.05 del GESPRO facilidades para realizar estudios de factibilidad lo cual no existía en versiones anteriores, brindando un aporte importante para el seguimiento de los proyectos en la plataforma.
- La utilización de la herramienta permite sustituir importaciones ya que las herramientas similares existentes en el mercado son privativas, así como permite realizar una mejor distribución de los recursos materiales y humanos.
- Se validó y aplicó el modelo propuesto en la plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO empleada por la red de centros de la universidad con resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES

- La realización del marco teórico de la investigación permitió conocer los principales elementos teóricos vinculados con la misma, así como las tendencias actuales del tema permitiendo establecer los principales elementos que conforman la propuesta realizada.
- Se observó que la utilización de métodos híbridos que realicen análisis cualitativo y cuantitativo, no es la práctica común en la mayoría de las metodologías estudiadas, y generalmente no trabajan la incertidumbre de la información, lo cual permite obtener resultados más confiables.
- Se obtuvo un modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software que a partir de la combinación de varios métodos y la definición de un sistema de inferencia borroso permite obtener un listado de proyectos con su orden de factibilidad con una mayor certeza de la información.
- La validación de la propuesta en la plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO, en su versión 12.05 permitió comparar los resultados obtenidos con resultados históricos de los proyectos evaluados, obteniéndose respuestas satisfactorias.

RECOMENDACIONES

- Continuar aplicando el modelo a través de la herramienta obtenida incorporada en la versión 12.05 del GESPRO, para seguir validando su funcionamiento, así como para poder realizar un mejor seguimiento del ciclo de vida de los proyectos que se ejecuten.

- Seguir mejorando fundamentalmente en la realización de la factibilidad económica con la incorporación de nuevos métodos como son: VAN Social, análisis de sensibilidad, Coste-Beneficio, RVAN entre otros para un mejor análisis de resultados en general.
- Seguir perfeccionado los estudios de factibilidad en los diferentes momentos del ciclo de vida de los proyectos, así como proponer nuevos indicadores en función de esto.
- Fortalecer el sistema de inferencia borroso para mayor certeza de la información obtenida.

BIBLIOGRAFÍA

ACADÉMICO, C. D. A. D. P. *Diccionario de la Lengua Española. Vigésima segunda edición*. España, Real Academia 2010.

ACEVEDO, K. *Estudio de Factibilidad de un proyecto ATLÁNTICO*, U. D., Slideshare, 2010.

ALMAGUER, R. ETAPAS DEL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD. COMPENDIO BIBLIOGRÁFICO *Contribuciones a la Economía*, 2009.

BASNUEVO, A. M. Decisión multicriterio para la evaluación y selección de proyectos de Ciencia e Innovación Tecnológica: propuesta de un procedimiento.: Consultoría BioMundi. La Habana, Cuba, 2009.

BOLLOJU, N. Aggregation of analytic hierarchy process models based on similarities in decision makers' preferences *European Journal of Operational Research*, 2001, 128(3): 499-508.

BONILLA, R. M. *GESTIÓN DE SOSTENIBILIDAD UTILIZANDO LÓGICA BORROSA*. FACULTAD DE INFORMÁTICA. Madrid, Country, COMPLUTENSE DE MADRID, 2011. 155. p.

BORASYSTEM. *Software for Evaluating and Optimizing Capital Projects* 2011. [2011]. Disponible en: <http://www.easyplanex.com/>

BYUN, D. H. The AHP approach for selecting an automobile purchase model *Information & Management*, 2001, 38(5): 289-297.

C. KAHRAMAN, D. R., AND I. DOGAN Fuzzy group decision-making for facility location selection *Information Sciences*, 2003, 157: 135-153.

C.V, S. I. Y. A. C. S. A. D. *DECIDE - Software para Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*, [Electrónico]. 2009. [Disponible en: <http://www.decide.com.mx/decide.htm>

CALDERÓN, L. F. Guía Metodológica General de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública *para Costa Rica*. Costa Rica 2010. 90 p. 978-9977-73-040-0

CARAZO, F. Evaluación y clasificación de las técnicas utilizadas por las organizaciones, en las últimas décadas, para seleccionar proyectos, 2008. [Disponible en: <http://www.upo.es/RevMetCuant/art20.pdf>

CARIGNANO, C. MÉTODOS DE APOYO MULTICRITERIO A LAS DECISIONES. LOS DESAFÍOS DE LA GESTIÓN DE COSTOS EN EL SIGLO XXI. Argentina Universidad Nacional de Córdoba 2005. 1: 7-20.

CASCALES, M. D. S. G. *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing"*. Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos. Cartagena, Country, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, 2009. 246. p.

CASTRO, M. D. *Método de evaluación de proyectos para decidir su aceptación*. La Habana Country, Universidad de las Ciencias Informáticas 2010. 101. p.

CELIK, M. Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(1): 190-198.

CITMA, C. D. A. Reglamento sobre el sistema de programas y proyectos de ciencia e innovación tecnológica. La Habana, 2003. p. 85/2003.

CORTÉS, F. A. Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia usando una técnica de decisión multicriterio. *Ingeniería e Investigación*. Colombia -Bogotá, 2007. 27: 132-137.

CRARY, M. Sizing the US destroyer fleet *European Journal of Operational Research* 2002, 136(3): 680-695.

CHAN, E. W. T. N. A. E. W. C. Evaluation of knowledge management tools using AHP *Expert Systems with Applications*, 2005, 29(4): 889-899.

CHIEN, C. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects, 2009.

DELGADO, R. *Curso Básico sobre el estudio de factibilidad*. La Habana, Cuba, 2012. 69 p. 959-16-0251-3

E. B. SLOANE, M. J. L., R. L. NYDICK, W. LUO, AND Q. B. CHUNG Using the analytic hierarchy process as a clinical engineering tool to facilitate an iterative, multidisciplinary, microeconomic health technology assessment *Computers & operations research*, 2003, 30(10): 1447- 1465.

E. CONDON, B. G., AND E. WASIL Visualizing group decisions in the analytic hierarchy process *Computers & operations research*, 2003, 30(10): 1435-1445.

F. T. S. CHAN, K. C. A., AND P. L. Y. CHAN A decision support system for production scheduling in an ion plating cell *Expert Systems with Applications* 2006, 30(4): 727-738.

FERNÁNDEZ CARAZO, A.; GÓMEZ NÚÑEZ, T., *et al.* Evaluación y clasificación de las técnicas utilizadas por las organizaciones, en las últimas décadas, para seleccionar proyectos. *REVISTA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA ECONOMÍA Y LA EMPRESA*, 2008: 67–115.

G. E. PHILLIPS-WREN, E. D. H., AND G. A. FORGIONNE A multicriteria framework for evaluation of decision support systems *Omega*, 2004, 32(4): 323-332.

GASIMOV, M. S. O. A. R. N. The analytic hierarchy process and multiobjective 0-1 faculty course assignment *European Journal of Operational Research*, 2004, 157(2): 398-408.

GONZALEZ, S. METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS *Ministerio de Planificación División de Planificación, Estudios e Inversión*, 2002, 1: 90.

HANDFIELD, R. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process *European Journal of Operational Research*, 2002, 141(1): 319-337.

HARBI, K. M. A. A. Application of the AHP in project management *International Journal of Project Management*, 2001, 19(1): 19-27.

HERNANDEZ, R. A. *Gestión de Proyectos para Informáticos*. Cuba, Universidad de Las Ciencias Informáticas 2002. 107 p.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review *European Journal of Operational Research*, 2008, 186(1): 211-228.

HO, W. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection *European Journal of Operational Research*, 2010, 202(1): 16-24.

J. C.-Y. SU, S. J. C., AND L. LIN A structured approach to measuring functional dependency and sequencing of coupled tasks in engineering design *Computers & industrial engineering*, 2003, 45(1): 195-214.

JUSTICIA, M. D. *Resolución 91/2006*. 91/2006. PLANIFICACIÓN, M. D. J. Y. E. Y. La Habana. Cuba, Gaceta Oficial 2006. 25.

JUSTICIA, M. D. *Resolución No.4715/2008*. 4715/2008. PLANIFICACIÓN, M. D. J. Y. E. Y. La Habana Cuba Gaceta Oficial de Cuba, 2008. 9.

KABLAN, F. T. D. A. M. M. Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency *Decision Support Systems*, 2006, 42(2): 712-726.

KARAKASOGLU, I. E. A. N. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, 39: 783-795.

KARAKASOGLU, I. E. A. N. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(1): 702-715.

KHALIL, A. Selecting the appropriate project delivery method using AHP *International Journal of Project Management*, 2002, 20(6): 464-469.

KORPELA, J. An analytic approach to production capacity allocation and supply chain design *International Journal of Production Economics*, 2002, 78(2): 187-195.

LAMATA, M. S. G.-C. A. M. T. Selection of a cleaning system for engine maintenance based on the analytic hierarchy process *Computers & industrial engineering*, 2009, In Press.

LEDEZMA ESPINO, A. I. *Aprendizaje Automático en Conjuntos de Clasificadores Heterogéneos y Modelado de Agentes*. Departamento de Informática. Madrid, Country, Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior 2004. p.

LEE, H. Y. K. A. A. H. I. Priority mix planning for semiconductor fabrication by fuzzy AHP ranking *Expert Systems with Applications*, 2007, 32(2): 560-570.

LIN, S. J. C. A. L. Decomposition of interdependent task group for concurrent engineering [small star, filled] *Computers & industrial engineering* 2003, 44(3): 435-459.

M. BEYNON DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty *European Journal of Operational Research*, 2002, 140(1): 148-164.

M. S. GARCIA-CASCALES, M. D. G.-L., AND M. T. LAMATA. Decision en grupo para la ponderación de los criterios de evaluación, en el programa de evaluación institucional (PEI) para las titulaciones en el ámbito de la ingeniería industrial. XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Zaragoza, 2008.

MASCAREÑAS, J. *Las decisiones de inversión como opciones reales: Un enfoque conceptual*, [Sitio Web]. 2008. [2011]. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCEM/cee/doc/0061/03010061.htm>

MENDOZA, C. D. A. Los desafíos de la Gestión de Costos en el siglo XXI. XXVIII CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE COSTOS. Argentina INSTITUTO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE COSTOS, 2005. 151.

MOGOLLÓN, R. M. Á. EL AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO) Y SU APLICACIÓN PARA DETERMINAR LOS USOS DE LAS TIERRAS. Proyecto GCP. BRASIL. Santiago de Chile 2000. 78.

MORENO, C. R. *Modelación y Simulación*. Universidad de La Habana, 2010. p.

MURALIDHARAN, C. Vendor rating in purchasing scenario: a confidence interval approach *International Journal of Operations & Production Management*, 2001, 21(9,10): 1305.

NAVARRO, J. Sistema de Apoyo Inteligente para la Selección de Proyectos de I&D en las Grandes Organizaciones Públicas, 2010.

O'BRIEN, S. H. G. A. C. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming *International Journal of Production Economics*, 1998, 56-57(199-212).

ORAMAS, J. M. *Métodos para la evaluación de proyectos*. Colombia Gestipolis, 2005.

PALACIO, J. *Origen de la gestión de proyectos*, 2006. [Disponible en: <http://www.navegapolis.net>

PEREÑA BRAND, J. Dirección y Gestión de Proyectos 1996.

PÉREZ, B. *Las empresas no saben planificar*, CincoDías.com, 2009. [2009]. Disponible en: http://www.cincodias.com/articulo/empresas/empresas-saben-planificar/20090518cdscdiemp_11/cdsemp/

PERISSÉ, C. M. Proyecto Informático. Una metodología simplificada. Argentina, 2001. 987-4-2947'5.

PIÑERO, P. Análisis de inversiones. Factibilidad Conceptos Generales. La Habana.Cuba, 2012. 55.

PIÑERO, P. *Un modelo para el aprendizaje y la clasificación automática basado en técnicas de soft computing*. DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Villa Clara, Country, MARTA ABREU, 2005. 158. p.

PMI. *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania, EEUU, PMI Publications, 2004. p. 1-930699-73-5.

---. *Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos(Guía del PMBOK)*. Cuarta. Newtown Square, Pennsylvania, 2009. p. 978-1-933890-72-2

---. *The Standard for Portfolio Management*. Newtown Square Pennsylvania, Project Management Institute, 2006. p. 1-930699-90-5

PRESSMAN, R. S. *Software Engineering* Seventh. New York, McGraw-Hill, 2010. 838 p. 978-0-07-337597-7

R. F. EASLEY, J. S. V., AND M. A. VENKATARAMANAN Capturing group preferences in a multicriteria decision *European Journal of Operational Research*, 2000, 125(1): 73-83.

RIGGS, J. L. Integration of technical, cost, and schedule risks in project management *Computers & operations research*, 1994, 21(5): 521-533

RODRÍGUEZ, G. LA EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. La Habana 2006. 301 p. Tercera Edición. 959-16-0424-6

RODRÍGUEZ, P. L. I. Y. E., V. S *Introducción a la Dirección Integrada de Proyectos-Project Management*. Ciudad de La Habana Cuba. , Facultad de Ingeniería Civil CUJAE, 2002. p. *Folleto de Apuntes*.

ROSA, D. M. D. L. *Guía Práctica para el Diseño, Administración, y Evaluación de Proyectos Sociales*, 2005.

RUZ, R. C. Raúl Castro: "Las medidas que estamos aplicando están dirigidas a preservar el socialismo". *CubaDebate*. La Habana 2010.

S. XU, L. D. X., AND X. CHEN Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process *Computers & operations research*, 2003, 30(6): 877-886.

SCHOENHERR, T. Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company *Journal of Purchasing and Supply Management*, 2008, 14(2): 100-111.

SOLUTIONS, N. *Helping You Make Better Business Decisions*, 2011. [2011]. Disponible en: <http://www.borasystems.com/homeespanol/softwareeasyplanex.html>

T. L. SAATY, L. G. V., AND K. DELLMANN The allocation of intangible resources: the analytic hierarchy process and linear programming *Socio-economic planning sciences*, 2003, 37(3): 169-184.

TAMAYO, K. S. Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones. Facultad 2. La Habana Country, Universidad de las Ciencias Informáticas 2010. 111. p.

TORO, J. D. Formulación y evaluación de proyectos *Contribuciones a la Economía*, mayo 2008.

UCI, L. D. G. D. P. F. *¿Qué es GESPRO 12.05?*, 2012. [2012]. Disponible en: <http://gespro.maestriagp.prod.uci.cu/>

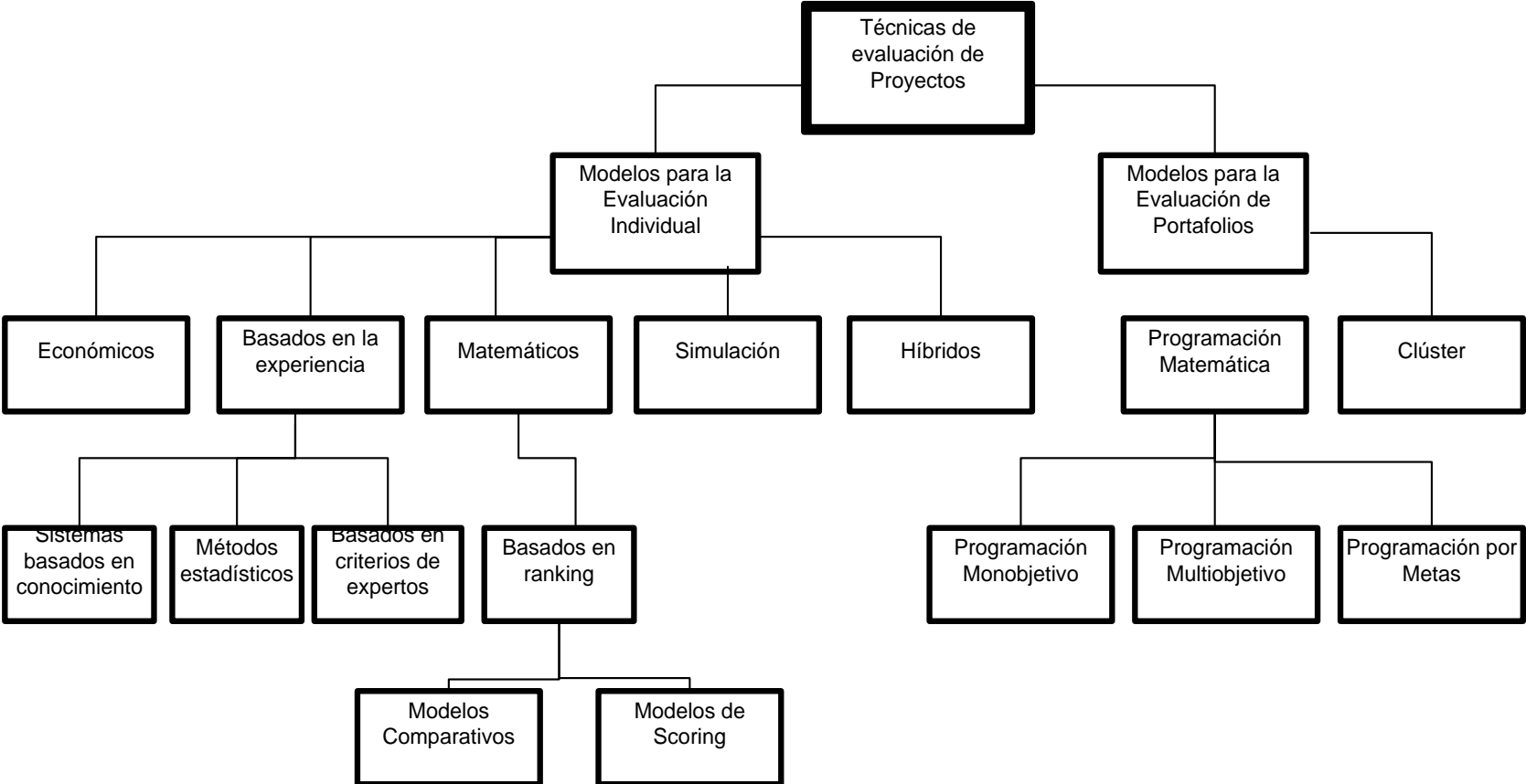
URDA, B. M. O. Gerencia de Proyectos de Ciencia e Innovación Tecnológica. Ciudad de la Habana, Cuba. , 1998. p.

V. S. LAI, B. K. W., AND W. CHEUNG Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection *European Journal of Operational Research*, 2002, 137(1): 134-144.

WEDLEY, W. C. Magnitude adjustment for AHP benefit/cost ratio *European Journal of Operational Research*, 2001, 133(2): 342-351.

ANEXOS

Anexo 1 Técnicas de evaluación de proyectos



Anexo 2 Fuentes de argumentación de expertos. (HERNANDEZ 2002)

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados por usted sobre el tema	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05