



# **Modelo de Análisis Costos-Beneficio para Sistemas Integrados de Administración Financiera**

Alejandro Barros  
Revisión: Jorge von Horoch

**Banco  
Interamericano de  
Desarrollo**

Sector de Capacidad  
Institucional y  
Finanzas

**DOCUMENTO DE DEBATE**  
# IDB-DP-194

**Enero 2012**

# **Modelo de Análisis Costos-Beneficio para Sistemas Integrados de Administración Financiera**

Alejandro Barros  
Revisión: Jorge von Horoch



**Banco Interamericano de Desarrollo**

2012

<http://www.iadb.org>

Los “Documentos de debate” y las presentaciones son preparados por funcionarios del Banco y otros profesionales como material de apoyo para eventos. Suelen producirse en plazos muy breves de publicación y no se someten a una edición o revisión formal. La información y las opiniones que se presentan en estas publicaciones son exclusivamente de los autores y no expresan ni implican el aval del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representan.

Este documento puede reproducirse libremente.

Banco Interamericano de Desarrollo. 1300 New York Ave. N.W. Washington D.C. 20577

Alejandro Barros ([abc@alejandrobarrros.com](mailto:abc@alejandrobarrros.com)), autor; Jorge von Horoch, revisor.

Carlos Pimenta, coordinador general; y miembros del grupo de gestión financiera: Pedro Farías, Leslie Harper, Jorge von Horoch, Daniel Sanchez, y Luz Melody Ladrón de Guevara, asistente.

## Abreviaturas

|          |  |
|----------|--|
| AFP      | Puntos de función ajustados  |
| BI       | Business Intelligence  |
| CMMI     | Capability Maturity Model Integration  |
| CMMI-ACQ | CMMI for Acquisition   |
| COTS     | Commercial off-the-shelf (COTS)  |
| CRM      | Customer Relationship Management (sistemas informáticos destinados a gestión de la relación con clientes)                          |
| FLOSS    | Free and open source software  |
| ERP      | Enterprise Resource Planning (Sistema informáticos integrados de gestión financiera-operacional de organización de diverso tamaño) |
| GRP      | Government Resource Planning, derivación del concepto ERP para el sector gobierno  |
| KLOC     | Miles de líneas de código 1 KLOC = 1.000 LOC   |
| LDSW     | Locally Developed Software (LDSW)  |
| LOC      | Line of Code (líneas de código)  |
| PF       | Punto de Función   |
| PMI      | Project Management Institute – <a href="http://www.pmi.org">www.pmi.org</a>  |
| PMO      | Project Management Office (oficina de gestión de proyectos)  |
| POC      | Proof off concept (prueba de concepto)   |
| RUP      | Rational Unified Process   |
| SCG      | Sistemas de Control de Gestión   |
| SIAF     | Sistemas Integrados de Administración Financiera   |
| SIAPER   | Sistema Integrado de Administración de Personal, Ministerio de Hacienda, Chile   |
| SIGFE    | Sistema Integrado de Gestión Financiera del Estado, Ministerio de Hacienda, Chile  |
| SIL      | Specific Investment Loan (préstamo de inversión específica)  |
| SLA      | Services Level Agreement (niveles de servicio)   |
| SLOC     | Statment Line of Code (lineas de código de instrucción)  |
| SOA      | Service Oriented Arquitectura (arquitectura orientada a servicios)   |
| TCO      | Total Cost of Ownership (costo total de propiedad)   |
| TI       | Tecnologías de Información   |
| TIC      | Tecnologías de Información y Comunicaciones  |
| TIER     | Capa, concepto tecnológico que identifica niveles o capas de una solución tecnológica  |
| UFP      | Puntos de función no ajustados   |

## Indice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>II. PROYECTOS TECNOLÓGICOS EN EL SECTOR PÚBLICO - MARCO CONCEPTUAL .....</b> | <b>7</b>  |
| CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS EN EL ESTADO .....                    | 9         |
| PROCESO DE ADQUISICIÓN – SECTOR PÚBLICO .....                                   | 11        |
| CAUSAS DE FRACASOS DE PROYECTOS TIC .....                                       | 14        |
| <b>III. VISIÓN DE LOS GRP'S.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>IV. FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS COSTOS-BENEFICIO .....</b>              | <b>21</b> |
| COSTOS INICIALES.....   | 27        |
| IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA .....   | 29        |
| MANTENCIÓN Y SOPORTE.....   | 30        |
| CONSIDERACIONES GENERALES .....   | 30        |
| <b>V. VARIABLES DE ANÁLISIS .....</b>   | <b>34</b> |
| COSTOS.....   | 35        |
| CONSIDERACIONES CUALITATIVAS .....  | 41        |
| <b>VI. MODELO DE EVALUACIÓN.....</b>  | <b>42</b> |
| MODELO DE EVALUACIÓN - COTS .....   | 43        |
| MODELO DE EVALUACIÓN – DESARROLLO A LA MEDIDA (LDSW) .....                      | 45        |
| DIMENSIONAMIENTO.....   | 50        |
| FUNCIÓN DE COSTOS .....   | 53        |
| <b>VII. ESTUDIOS DE CASOS: NICARAGUA, PERÚ Y CHILE.....</b>                     | <b>55</b> |
| NICARAGUA .....   | 56        |
| PERÚ.....   | 58        |
| CHILE.....  | 61        |
| <b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>X. ANEXOS.....</b>   | <b>68</b> |
| EVALUACIÓN DE PROYECTOS TIC – PARLIAMENTARY OFFICE – UK .....                   | 68        |
| PRODUCTIVIDAD DESARROLLO DE SOFTWARE - SECTOR PÚBLICO .....                     | 70        |

## Lista de Ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1: Distribución gasto TIC - Sector Público.....           | 7  |
| Ilustración 3: Elementos de Proyectos TIC - Sector Público.....       | 9  |
| Ilustración 4: Proceso de Adquisición CMMi-ACQ.....                   | 13 |
| Ilustración 5: Cobertura Funcional SIAF.....                          | 16 |
| Ilustración 6: Ruta Adopción de ERP.....                              | 17 |
| Ilustración 7: Elementos de Costo - SIAF .....                        | 18 |
| Ilustración 8: Estructura Técnica de los SIAF .....                   | 19 |
| Ilustración 9: Razones para la adopción de un ERP .....               | 24 |
| Ilustración 10: Ciclo de Análisis de Costo.....                       | 27 |
| Ilustración 11: Proceso de Implementación de ERP.....                 | 28 |
| Ilustración 12: Distribución de costos para ERP .....                 | 31 |
| Ilustración 13: Dsitribución de costos - Desarrollo de Software ..... | 32 |
| Ilustración 14: Cantidad de Proyectos SIAF según duración .....       | 35 |
| Ilustración 15: Costos Proyecto SIAF.....                             | 36 |
| Ilustración 16: Modelo de Costos - Pocos Usuarios.....                | 38 |
| Ilustración 18: Modelo de Costos - Gran cantidad de Usuarios .....    | 39 |
| Ilustración 19: Programa de Desarrollo SIAF - Perú.....               | 58 |
| Ilustración 20: Volumen Transaccional - Perú .....                    | 59 |

## Lista de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Item de Costos Software Comercial - FLOSS .....                            | 20 |
| Tabla 2: COTS versus LDSW.....  | 23 |
| Tabla 3: Evaluación POC - SIGFE .....   | 25 |
| Tabla 4: Escala de Evaluación POC .....   | 25 |
| Tabla 5: Resultado de la Evaluación POC - SIGFE .....                               | 26 |
| Tabla 6: Peso en el esfuerzo total por actividades del proyecto .....               | 29 |
| Tabla 7: Diferencial de Impacto de costos - COTS versus LDSW.....                   | 32 |
| Tabla 9: Costo promedio por usuario - Banco Mundial .....                           | 40 |
| Tabla 10: Costos de Implantación de ERP .....                                       | 43 |
| Tabla 11: Relación de Costos de ERP's .....   | 44 |
| Tabla 12: Diferencial de costos según tipo de ERP .....                             | 44 |
| Tabla 13: Distribución de costos - SIAF.....  | 45 |
| Tabla 14: Cálculo de Complejidad de Puntos de Función .....                         | 47 |
| Tabla 15: Productividad de Equipo de Desarrollo en función de tamaño y método ..... | 49 |
| Tabla 16: Dimensionamiento de costo desarrollo.....                                 | 51 |
| Tabla 17: Elementos de Costo - Proyecto SIAF .....                                  | 53 |
| Tabla 18: Fuentes de Información - Países en Evaluación .....                       | 55 |
| Tabla 19: Costos proyecto SIAF - Perú .....   | 60 |
| Tabla 20: Costos Componentes .....  | 63 |

## Resumen Ejecutivo

El presente análisis está centrado en identificar las componentes de costos para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de Sistemas Integrados de Administración Financiera – SIAF.

A la interrogante que muchas autoridades públicas de nuestros países enfrentan, al momento de diseñar una estrategia de implantación de un SIAF, nos referimos al modelo de externalización a usar y en particular al enfoque de puesta en marcha, esto es, *¿desarrollo a la medida o producto comercial?*, se puede argumentar que hoy existe suficiente evidencia empírica, bibliográfica y modelos teóricos que permiten dimensionar, al menos estimativamente ambos escenarios.

El análisis parte de la premisa que la decisión de implementar un SIAF ya está definida y nos encontramos en la segunda etapa del proceso de decisión, esto es, seleccionar entre los escenarios de desarrollo a la medida o implementación de un producto comercial del tipo ERP<sup>1</sup>.

Para ello se analizan las principales características y especificidades de los proyectos tecnológicos en el sector público, los cuales tienen atributos que les son propios y que impactan directamente en el dimensionamiento del mismo y por ende en sus costos.

Como parte del análisis se revisa el estado del arte de las soluciones empaquetadas, las cuales en los últimos años han experimentado importantes mejorías funcionales y de cobertura para dar respuesta a los requerimientos del sector público.

El análisis de costos desarrollado, se basa en bibliografía existente y experiencias internacionales en esta materia, las cuales entregan algunos elementos que deben tomarse como base para establecer un enfoque metodológico adecuado para ambos escenarios.

- *Desarrollo a la medida* (diseño, desarrollo, puesta en marcha y mantención), se deben identificar los potenciales modelos de externalización factibles, nos referimos a desarrollos in-house o bien a contratación de empresas de desarrollo externa.
- *Implementación de productos comerciales* (comercial off-the-shelf – COTS), se debe considerar costos asociados a licenciamientos, implantación y posterior mantención de estas plataformas, lo cual conlleva un adecuado nivel de cobertura funcional necesaria.

Existen algunos elementos que van afectar la decisión, entre las que podemos mencionar, uso de software libre open-source, madurez de la industria y cobertura de las funcionalidades.

Para responder la pregunta anteriormente planteada *¿desarrollo a la medida o producto comercial?* , que se hacen muchas autoridades en materia de diseño y puesta en marcha de sistemas integrados de administración financiera – SIAF, su respuesta o al menos una aproximación a ella, de establecer un proceso de análisis de los elementos que permitan una adecuado dimensionamiento del problema, algunos de ellos son:

- **Cobertura y alcance:** los SIAFs son de gran complejidad y sus requerimientos funcionales muy amplios, por lo que dependerá de las áreas que se quiera cubrir. La factibilidad de abordarlos con una solución llave en mano y de carácter genérico. Por otra parte el alcance, entendido como las áreas de gobierno (central, estatal y municipal) que se quiere incluir en el proyecto, ya que los requerimientos funcionales, el esfuerzo logístico y de adopción varía según las esferas de gobierno incluidas en el proceso.
- **Mercado proveedor:** Un elemento fundamental a la hora de evaluar la mejor alternativa, es la profundidad y calidad del mercado de soluciones tecnológicas ya que esta tiene impacto directo en los costos asociados. En algunos países de la región este mercado no es del todo competitivo, lo cual puede forzar una vía de solución e incrementar los costos de la misma.
- **Experiencia en externalización:** Este tipo de proyectos son de gran envergadura y por lo tanto el modelo de externalización es fundamental a la hora de su diseño, ya que la gestión de una firma externa versus consultores individuales requiere de competencias diferentes y de esfuerzos de gestión diferentes. Un mal diseño del proceso de externalización y en particular del proceso de adquisición va a redundar en mayores costos del proyecto.

En todo caso, el proceso de toma de decisión por un camino u otro debe sustentarse en datos objetivos, ya que ambas alternativas hoy son viables. El desarrollo de software cuenta con herramientas que permiten dimensionar los proyectos en forma bastante precisa. Los productos comerciales por su parte se ajustan cada vez más a los requerimientos funcionales del sector público y por lo tanto la brecha a cubrir se ha reducido en forma sustantiva los últimos años.

Como lo muestra el estudio *Financial Management Information Systems* del Banco Mundial, la región es bastante más proclive a los desarrollos a la medida que otras regiones, como es el caso de Europa del este, en la cual las alternativas están bastante equilibradas. Producto del análisis realizado, existe potencial de mejora en el proceso de evaluación de las estrategias de implementación de SIAF's en la región, identificando con mayor profundidad las condiciones

objetivas y métricas específicas de ambos modelos LDSW y COTS, optando por alguno de los enfoques según las condiciones del país.

Algunos países de la región, en particular en el área de Centroamérica están avanzando en procesos de evaluaciones de productos envasados, lo cual entregará una mayor claridad de este enfoque, al menos en el contexto regional.

Por lo pronto, los países que se encuentran en su fase de evaluación del modelo deben avanzar identificando en forma más precisa algunas métricas funcionales y técnicas que permitan dimensionar mejor el proyecto, nos referimos a:

- Cantidad de usuarios, idealmente tipificados por funcionalidad y acciones en cada módulo y etapa del proceso (consulta, modificación, otro),
- Volumen transaccional por tipo de transacción de negocios y periodicidad,
- Requerimientos de almacenamiento y *archiving*,
- Cantidad de puntos de función y/o casos de uso de las funcionalidades necesarias, sean estas en caso de su desarrollo desde cero o bien de la brecha existente en el caso de un programa producto,
- Costos de infraestructura tecnológica en el país, tanto en términos de inversión de hardware y software básico como de sus costos de mantención por un periodo de 5 años,
- Niveles de productividad de equipos de desarrolladores de software.

En caso de no contar con estos antecedentes, es recomendable realizar algunos supuestos, utilizando métricas internacionales, y así poder mejor estimar estos costos, en todo caso según los antecedentes aportados por diferentes fuentes podemos considerar que un proyecto SIAF, se trata de un proceso de desarrollo e implementación de 24 a 36 meses de duración, con un costo que fluctúa entre 8 y 20 millones de dólares, dependiendo de la cobertura y funcionalidad que se requiere para el sistema.

El documento se complementa con algunos estudios de caso, nos referimos a los proyectos de diseño e implantación de sistemas integrados de administración financiera en Nicaragua, Perú y Chile. Cabe señalar que la información existente no aborda totalmente la evaluación entre múltiples escenarios (desarrollo a la medida versus implementación de productos comerciales), ya que más bien se centra en el análisis costo-beneficio de contar o no con un SIAF. Sin perjuicio de ello entregan algunos elementos que permiten al menos contar con antecedentes de dimensionamiento global del proceso que estos países están siguiendo.

Por otra parte sería razonable que a partir de los antecedentes planteados en el presente *discussion paper* se realizara un levantamiento más específico y detallado de las métricas de los sistemas hoy en funcionamiento, ya que esos antecedentes pueden servir para un análisis de mayor profundidad al resto de los países. Idealmente contar con métricas de dimensionamiento por área funcional del sistema.

## I. Introducción

El presente análisis está centrado en identificar las componentes y la función de costos para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de Sistemas Integrados de Administración Financiera – SIAF. Como se planteará más adelante, el análisis parte de la premisa que la decisión de implementar un SIAF ya está definida y nos encontramos en la segunda etapa del proceso de decisión, esto es, seleccionar desarrollo a la medida - LDSW<sup>2</sup> o implementación de un producto comercial - COTS<sup>3</sup> del tipo ERP<sup>4</sup>.

Para ello se analizan en primer lugar las características de los proyectos tecnológicos en el sector público, los cuales tienen atributos que les son propios y que impactan directamente en el dimensionamiento del mismo y por ende en sus costos.

Luego se analizarán los SIAF como plataformas integradas que buscan entregar una solución global a la problemática de la gestión financiero-contable del sector público, este tipo de sistemas en el sector privado son conocidos como ERP, con su equivalente en el mundo público denominados habitualmente como GRP<sup>5</sup>. Analizaremos las tendencias en este tipo de soluciones empaquetadas y como ellas han abordado en los últimos años con bastante velocidad la problemática pública y sus particularidades.

El análisis de costos desarrollado en el punto tercero, revisa la bibliografía y experiencias internacionales en esta materia las cuales entregan algunos elementos que deben tomarse como base para el análisis y que el foco debe centrarse en los siguientes aspectos:

- Desarrollo a la medida (diseño, desarrollo, puesta en marcha y mantención), identificando los modelos potenciales de externalización, nos referimos a desarrollos *in-house* o bien a contratación de empresas de desarrollo externa.
- Implementación de productos comerciales (*comercial off-the-shelf* – COTS), costos asociados a licenciamientos, implantación y posterior mantención de estas plataformas
- Impacto del uso de software libre en las diferentes modalidades.

---

<sup>2</sup> Conocido comúnmente como: Locally Developed Software (LDSW)

<sup>3</sup> Conocido comúnmente como: Commercial off-the-shelf (COTS)

<sup>4</sup> Enterprise Resource Planning (ERP), Sistema informáticos integrados de gestión financiera-operacional de organización de diverso tamaño - [http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_resource\\_planning](http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning).

<sup>5</sup> Government Resource Planning

Para luego abordar las variables de costos y los posibles modelos de análisis, tanto en forma cuantitativa como las variables de carácter cualitativo que deben estar presentes en el análisis.

Finalmente se presenta una función de costos con sus componentes y elementos que deben ser considerados al momento de desarrollar un análisis para una realidad específica, que dicho sea de paso varían de un país a otro en función del mercado local, experiencias de la unidad ejecutora y del propio plan de modernización del estado que tenga el país.

El documento se complementa con algunos estudios de caso, nos referimos a los proyectos de diseño e implantación de sistemas integrados de administración financiera en Nicaragua, Perú y Chile. Cabe señalar que la información existente no aborda totalmente la evaluación entre múltiples escenarios (desarrollo a la medida versus implementación de productos comerciales), ya que más bien se centran en el análisis costo-beneficio de contar o no con un SIAF. Sin perjuicio de ello entregan algunos elementos que permiten al menos contar con antecedentes de dimensionamiento global del proceso que estos países están siguiendo.

El documento cierra con conclusiones emanadas del análisis de la información de costos, los posibles modelos de análisis y criterios que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar una evaluación de costo específica incorporando las particularidades de cada país, las cuales deben verse reflejadas en la parametrización de los modelos de costeo.

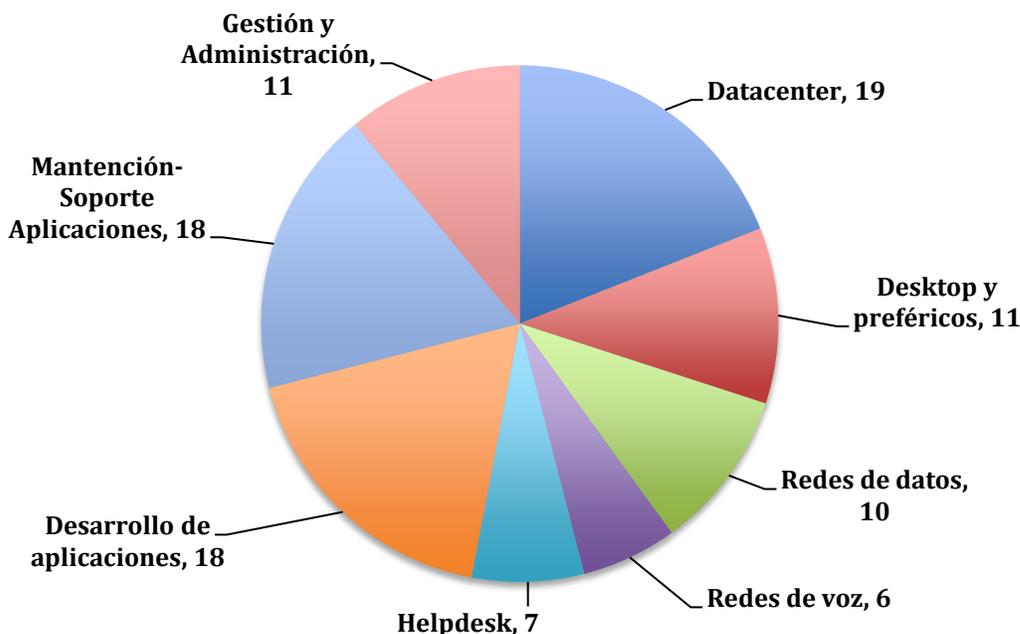
## II. Proyectos Tecnológicos en el Sector Público - Marco conceptual

Al momento de evaluar las diferentes alternativas que el Estado tiene para abordar proyectos tecnológicos es importante contar con algunos antecedentes de forma de mejorar el entendimiento de contexto y los elementos que pueden afectar el desempeño de estos.

Nuestros Estados son un cliente relevante de la industria tecnológica local. El gasto en TI<sup>6</sup> es muy dependiente del nivel de madurez en la adopción y uso de estas herramientas por parte del Estado, pero en forma complementaria del nivel de la industria local y su capacidad para entregar soluciones que cumplan con las exigencias planteadas (*delivery*).

El nivel de gasto en tecnologías de información en la región bordea el 1% del gasto público, en tanto que en países desarrollados esta cifra llega a cerca del 5%. La consultora Gartner<sup>7</sup> desarrolló un estudio el año 2009 para el gobierno Inglés, con el objeto de identificar la distribución del gasto público en tecnologías de información (TI), del gasto total en TI, el cual representa 4.6% del gasto público, este se distribuye:

Ilustración 1: Distribución gasto TIC - Sector Público



Fuente: Gartner, 2009

<sup>6</sup> El gasto TI al igual que la contratación pública en general representan volúmenes muy significativos -

<http://www.alejandrobarrros.com/segundas-derivadas-de-la-contratacion-publica#content-top>

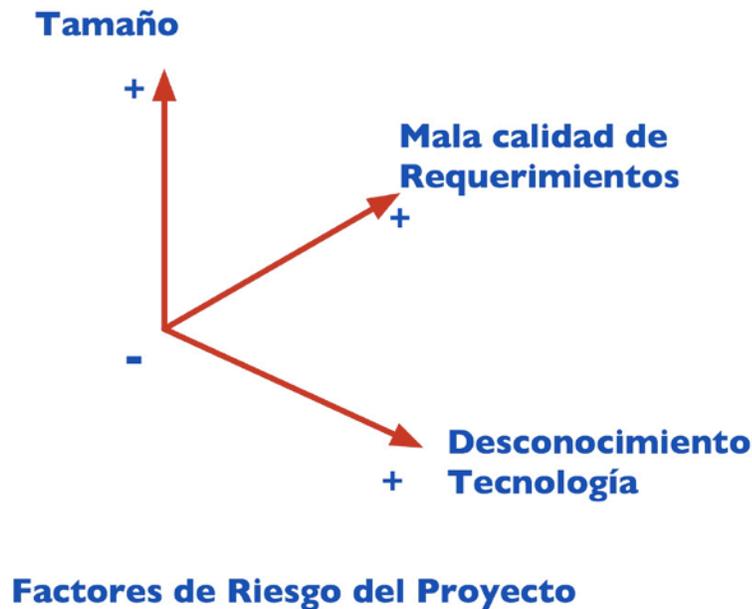
<sup>7</sup> <http://www.gartner.com>

En el ciclo de vida de un proyecto podemos identificar básicamente tres grandes fases: diseño, ejecución y operación. Según Feeny (Feeny, 2003) los principales factores (ejes) de riesgo asociados al desempeño de un proyecto tienen relación con tres grandes elementos, esto es:

- i. tamaño del proyecto,
- ii. calidad de la definición de los requerimientos y
- iii. nivel de conocimiento de la tecnología que se quiere emplear.

Uno de los elementos que debe evaluarse al momento de una decisión entre desarrollo a la medida y adopción de un producto comercial para abordar la problemática financiero contable del Estado corresponde a los factores de riesgo mencionados y el comportamiento anterior de proyectos similares<sup>8</sup> lo cual es un buen predictor del nivel de riesgo del proyecto en sus dos modalidades. En el gráfico siguiente se muestra el referido espacio tridimensional anteriormente descrito.

Ilustración 2: Evaluación de Riesgo - Proyecto TIC



*Fuente: Adaptación propia a partir de Feeny, 2003*

---

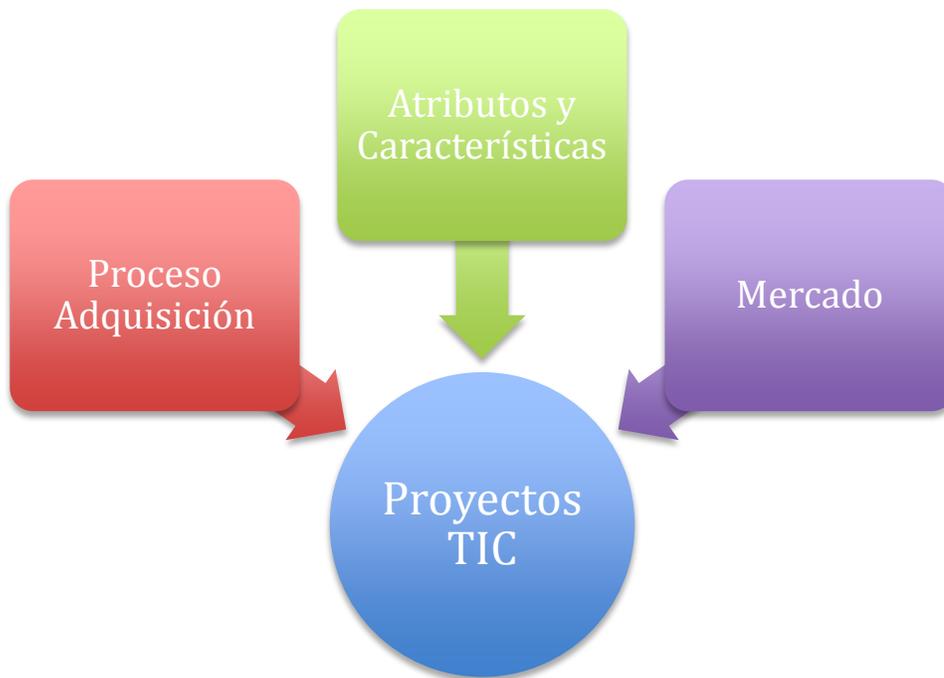
<sup>8</sup> Esto puede ser un problema ya que no existen muchos proyectos de la envergadura de un SIAF, lo cual en general no permite contar con antecedentes en esta área.

En la medida que al momento del diseño del proyecto se pueda situar la posición de este en dicho espacio tridimensional, se podrá tener una buena aproximación del riesgo asociado. Cabe señalar que este ejercicio es sólo una aproximación y no representa un modelo cuantitativo de riesgo, pero resulta un *proxy* adecuado<sup>9</sup>.

### Características de Proyectos tecnológicos en el Estado

Algunos de los problemas que presentan los proyectos tecnológicos dentro del Estado corresponden en general a problemas asociados a su diseño inicial. Es fundamental identificar adecuadamente los elementos que caracterizan a los proyectos tecnológicos en el sector público, más aún cuando un proyecto SIAF corresponde a uno de los proyectos de mayor envergadura de dicho sector.

Ilustración 3: Elementos de Proyectos TIC - Sector Público



---

<sup>9</sup> Para establecer un modelo más preciso de riesgo se recomienda utilizar los enfoque metodológicos del PMI o Prince2

Los proyectos tecnológicos tienen singularidades propias dentro del sector público, las cuales deben ser atendidas y analizadas al momento del diseño y análisis del mismo. Estas características se han agrupado en tres áreas, gobierno, tecnología y gestión.

### ***Gobierno***

- Rendición de cuentas (*accountability*), el quehacer y los gastos tienen el escrutinio público, por lo que en muchos casos se requiere de una componente importante de difusión del proyecto, actividad que no necesariamente se encuentran evaluada ni dimensionada, ni menos costada en muchos casos.
- Tiempos políticos, con frecuencia los proyectos se promocionan antes de su puesta en marcha, lo que afecta desde el punto de vista de la promesa y las expectativas asociadas al resultado, por lo que los proyectos deben identificar entregables intermedios.
- Cambios en prioridades de gobierno, lo que implica en ciertas circunstancias merma o reducciones de recursos asignados a proyectos.
- Marco regulatorio más rígido, esto afecta en situaciones en las cuales el proyecto debe rediseñarse y no es posible producto del marco jurídico.
- Coordinación inter-institucional, En muchos casos se requiere de coordinación inter-instituciones, esto incorpora nuevas complejidades ya que se requiere de una visión y compromiso que va más allá de una única institución.

### ***Tecnología***

- El cambio tecnológico es en general de gran velocidad, el Estado se mueve lento, lo cual en ciertas ocasiones le produce que las soluciones se tornen obsoletas.
- En general los proyectos tecnológicos dentro del estado tienen alta complejidad debido a los niveles de integración y volúmenes asociados (gran cantidad de transacciones, usuarios y/o volúmenes de datos).
- El nivel de desarrollo tecnológico de los servicios público es muy heterogéneo. Se pueden apreciar instituciones con un gran desarrollo, habitualmente cercanas al gobierno central<sup>10</sup>, otras con un bajo nivel de desarrollo, tal es el caso de algunos municipios y/o servicios públicos pequeños.

### ***Gestión***

- Falta de habilidades de gestión y administración de proyectos tecnológicos

---

<sup>10</sup> Las áreas del gobierno central donde se aprecia el mayor nivel de desarrollo tecnológicos y mayores niveles de madurez para enfrentar este tipo de proyectos se encuentran en el gobierno central asociadas al ministerio de hacienda y/o finanzas

- Contratos de alta complejidad en su diseño y posterior administración
- Niveles de servicio (SLA's) mal definidos y/o no administrados
- Pobre gestión de proveedores, con un enfoque en algunos casos no cuidan la relación comprador-proveedor

Estos elementos deben ser considerados al momento del diseño y ejecución del proyecto.

### **Proceso de Adquisición – Sector Público**

Una de las etapas del ciclo que pueden tener un impacto importante sobre los proyectos tecnológicos son los procesos de adquisición asociados, en particular cuando se refiere a procesos licitatorios extremadamente rígidos. En esta etapa podemos mencionar algunos factores identificados por el sector privado (grandes proveedores tecnológicos) y sector público nacional (grandes servicios públicos)<sup>11</sup>, que afectan el desempeño final de un proyecto tecnológico, entre estos se puede mencionar:

#### ***Sector Público***

Las principales dificultades que enfrentan compradores del sector público al momento de adquirir soluciones y proyectos tecnológicos corresponden a:

- Ausencia de mecanismos que permitan negociar con el mejor calificado de los oferentes.
- Adopción de metodologías de desarrollo/diseño no probadas y con poca experiencia local.
- La falta de una oferta de calidad en el mercado local

#### ***Sector Privado***

Las principales dificultades que enfrentan proveedores tecnológicos al momento de ofertar soluciones y proyectos tecnológicos corresponden a:

- Presupuestos no acordes con los costos reales de la solución;
- Modelo contractual excesivamente rígido;
- Proceso licitatorio mal definido y/o con tiempos inadecuados.

---

<sup>11</sup> Encuesta desarrollada por la Dirección de Compras Públicas – Ministerio de Hacienda, Chile, durante el año 2005, la cual se ha tomado como base para implementar instructivos a los servicios públicos para en procesos licitatorios de Tecnología de Información.

En cualquier proyecto tecnológico de relevancia y en particular un proceso de adquisición de una plataforma SIAF para el Estado, sea esto en modalidad de desarrollo a la medida o de adquisición de productos, en ambos casos el proceso de adquisición es fundamental. El proceso de adquisición debe estar estructurado y seguir algún modelo estándar que le permita monitorear el proceso y reducir los riesgos que este plantea. Un modelo que resulta especialmente adecuado para estos procesos es el planteado por el *Software Engineering Institute* de la Universidad Carnegie Mellon, bajo el paraguas metodológico CMMI<sup>12</sup>, nos referimos al marco metodológico *CMMI for Acquisition* (CMMI-ACQ) versión 1.2<sup>13</sup>

Lo primero que un proceso de contratación debe reconocer, es que algunas actividades del proceso están bajo el control directo del mandante y otras, si bien el mandante puede tener algún tipo de supervisión su nivel de influencia es menor, nos referimos a aquellas actividades que deben ejecutar los proveedores.

Por otra parte, los líderes del proceso de contratación, y dadas las características de los SIAF, deben establecer procesos flexibles y ágiles, que permitan la generación de productos adaptables y con entregas parciales en periodos relativamente cortos de tiempos.

Es fundamental que el proceso de contratación se inserte como parte del proceso completo y no como un apéndice, tal como lo plantea CMMI el proceso de contratación debe estar relacionado directamente con elementos que anteceden y que son posteriores al proceso de adquisiciones.

---

<sup>12</sup> <http://www.sei.cmu.edu/cmami/>

<sup>13</sup> <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/07tr017.cfm>

Ilustración 4: Proceso de Adquisición CMMi-ACQ



En cada una de estas actividades se plantean prácticas que definen un proceso estructurado para la adquisición.

- **Gestión de Proyecto:** Fase inicial del proyecto en la cual se definen los aspectos centrales de su diseño y posterior administración, como parte de esta etapa del proceso se deben considerar, planificación, monitoreo y control, gestión integrada, gestión de requerimientos y administración del riesgo.
- **Adquisición:** En la etapa de contratación se contemplan una serie de prácticas que dicen relación con dicho proceso, estos es, desarrollo y solicitud de proveedores, gestión de cambios, desarrollo de requerimientos, gestión técnica de adquisición, verificación de adquisición y proceso de validación de adquisición.
- **Soporte:** En esta etapa del proceso se definen las prácticas asociadas a etapas tardías del mismo, nos referimos a, gestión de la configuración, toma de decisiones y resolución de conflictos, análisis y métricas y aseguramiento de calidad.

Durante la etapa de adquisiciones, las buenas prácticas identificadas por el estándar CMMI-ACQ permiten que se establezca un circuito ordenado y que se cuenten con elementos centrales de un proceso de adquisición que reduzca los riesgos inherentes a la complejidad que plantean este tipo de actividades.

## Causas de Fracazos de Proyectos TIC

Al mirar el comportamiento de los proyectos tecnológicos<sup>14</sup>, aparecen algunos elementos que se repiten y que en general pueden asociarse al fracaso de los mismos. Estos elementos van a estar presentes en mayor o menor medida dependiendo de la madurez de la institución y de los equipos de proyecto que pueda conformar, en el caso de los SIAF y producto de la envergadura de estos proyectos algunas de estas causales deben monitorearse con mayor frecuencia y profundidad. Entre las principales causas de fracasos de los proyectos se pueden mencionar:

- Falta de vínculo entre el proyecto y las prioridades estratégicas de la institución;
- Falta de liderazgo y *ownership* del proyecto;
- Falta de habilidades de gestión de proyectos y administración del riesgo;
- Poco conocimiento de la industria tecnológica y de los proveedores;
- Evaluación de propuestas con mirada de corto plazo sustentado en oferta económica y no en función del *valor del gasto*;
- Pocas iniciativas para segmentar los proyectos en tamaños más manejables;
- Arquitectura tecnológica mal definida.

Una herramienta que puede ayudar en esta etapa es la pauta de evaluación desarrollada por la *Parliamentary Office of Science and Technology (Government IT Projects)* en el Reino Unido<sup>15</sup>, cuya finalidad es evaluar un proyecto en particular sobre la base de factores de éxito y fracaso para 16 áreas, las cuales pueden determinar la evolución de un determinado proyecto, se adjunta como anexo al presente documento.

Es fundamental que a la hora de diseñar el proyecto se tomen en consideración estos elementos ya que independientemente de si la solución que se adoptará es un enfoque de desarrollo a la medida o de implantación de un producto comercial o un *mix* de ambos, estos tendrán un impacto significativo en el proceso. Cualquiera sea el caso, los elementos señalados van a afectar de diversa forma, por lo que tomarlos en cuenta a la hora del diseño contribuirá a reducir riesgos y sobre costos.

---

<sup>14</sup> Algunos análisis recientes como el desarrollado por Bent Flyvbjerg y Alexander Budzier de la Universidad de Oxford han mostrado que 1 de cada 6 proyectos se transforma en lo que se denomina “proyecto Cisne Negro”, en el cual los sobrecostos superan el 200% y los sobretiempos el 70%, mas información en: <http://hbr.org/2011/09/why-your-it-project-may-be-riskier-than-you-think/ar>

<sup>15</sup> <http://www.parliament.uk>

### **III. Visión de los GRP's**

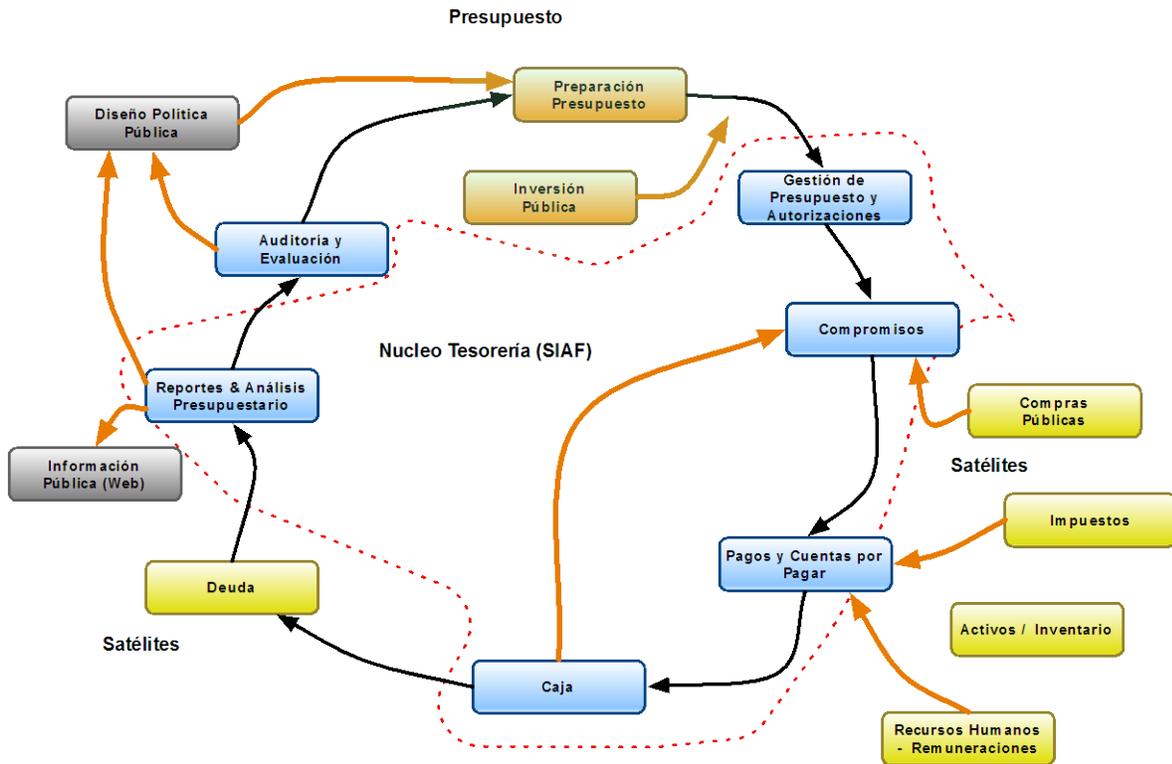
Un proyecto SIAF se visualiza como un proceso de implantación de un ERP<sup>16</sup> sea este utilizando un producto comercial o bien realizando un desarrollo a la medida, incluso puede tratarse de un modelo mixto, esto es, algunos componentes basados en productos comerciales y otros en base a desarrollos a la medida.

Para analizar los efectos de costo es necesario identificar los niveles y componentes que se esperan implementar, ya que el alcance de estos proyectos SIAF es muy variado. Algunos incluyen el módulo de compras y contratación pública como parte del proyecto, tal es el caso de varios países en la región de Centro América. Algunos países incluyen módulos asociados a Tesorería y por lo tanto ya no estamos hablando sólo de la gestión contable. El primer desafío que se presenta es aclarar el alcance funcional del proyecto. En la gráfica siguiente se muestra el potencial alcance de un sistema SIAF, el cual dependerá de cada país y sus autoridades.

---

<sup>16</sup> En el caso del sector público se denomina a los sistemas integrados de gestión de recursos (ERP) con la sigla GRP, esto con el objeto de diferenciarlos de los ERP's tradicionales cuyo foco original era esencialmente el sector privado.

Ilustración 5: Cobertura Funcional SIAF

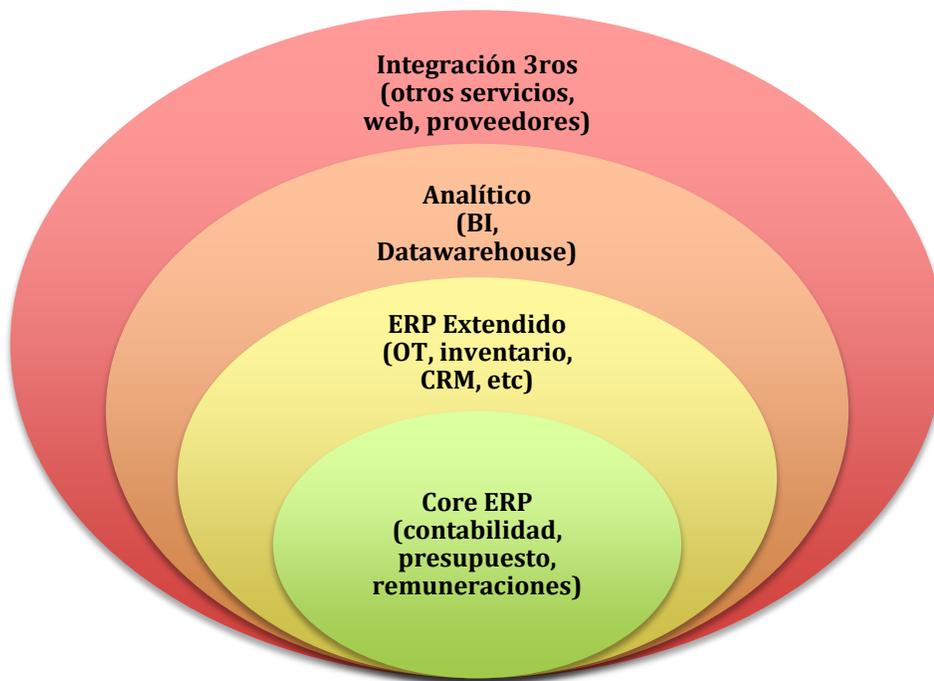


Fuente: Adaptación propia, Financial Management Information System, Banco Mundial, 2011

Al analizar el mapa funcional, además se puede concluir que hay múltiples servicios públicos involucrados y por lo tanto es muy probable que dependiendo del alcance se trate de un proyecto multi-institucional con las complejidades que eso conlleva.

En el caso de los ERP estos también tienen un curso de evolución y su alcance funcional en general adopta la evolución que se muestra en la gráfica siguiente:

Ilustración 6: Ruta Adopción de ERP

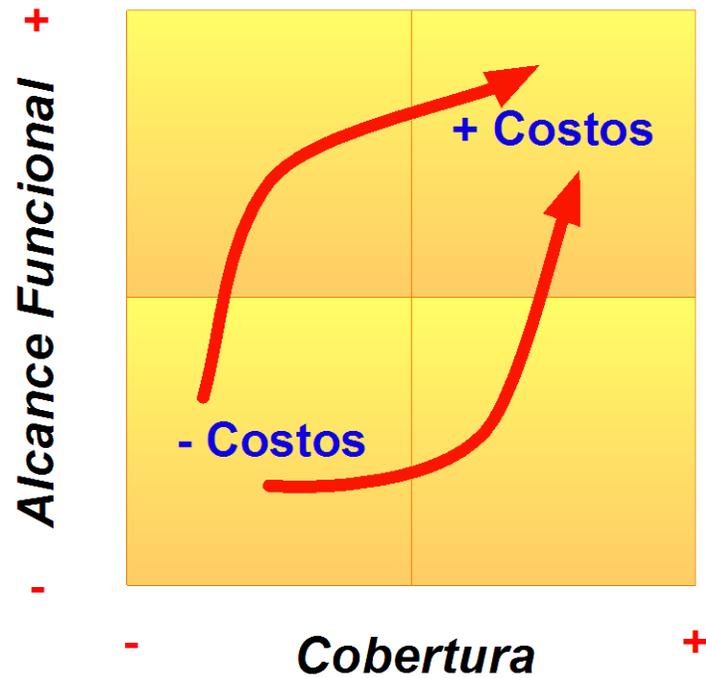


*Fuente: Adaptación propia de Technologies for Government Transformation, 2008*

Otro elemento a considerar es la profundidad del software, nos referimos a las esferas del Estado que incluyen (federal, estatal y municipal), en algunos casos se llega hasta los niveles más locales del gobierno, la profundidad incidirá directamente en la cantidad de usuarios del sistema y en la cobertura funcional, ya que algunas funciones son propias de ciertas esferas de gobierno y por lo tanto afectarán directamente el costo final del mismo.

Estos elementos, cobertura y profundidad, son relevantes a la hora de realizar el análisis correspondiente y deben ser definidos ex ante, independientemente de que el proyecto tenga definida una estrategia escalonada de implementación.

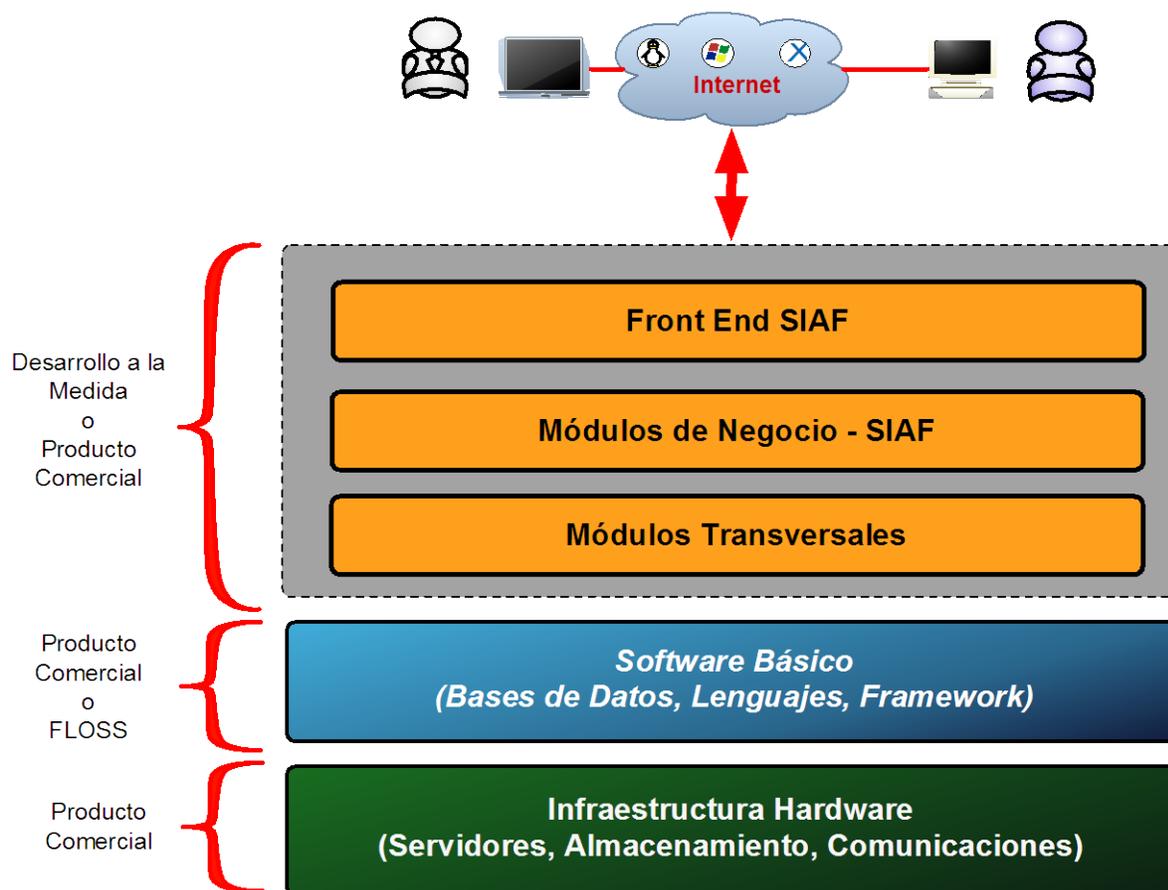
Ilustración 7: Elementos de Costo - SIAF



*Fuente: Desarrollo propio*

Por otra parte, un sistema del tipo SIAF está compuesto por tres niveles de componentes, nos referimos a un primer nivel del software aplicativo, luego el software básico y finalmente el hardware necesario para su operación.

Ilustración 8: Estructura Técnica de los SIAF



Fuente: Desarrollo propio

De los tres niveles que presenta cualquier sistema SIAF, existen dos de ellos asociados a productos y en los cuales las consideraciones deben ser diferentes.

- **Infraestructura Hardware:** En este nivel, estamos hablando de componentes estándares y que tienen costos conocidos a priori, con un mercado oferente bastante competitivo y que no presenta demasiadas sorpresas. Para efectos de análisis de este nivel es necesario contar con algunos elementos operacionales que permitan su dimensionamiento, nos referimos a, cantidad de usuarios, transacciones por unidad de tiempo y volumen de almacenamiento. Otro elemento necesario para este nivel es el tipo de operación en términos de disponibilidad, ya que esto define el nivel de espejamiento y redundancia de

equipos. En este nivel se pueden adoptar modelos basados en contratación de servicios Cloud Computing del tipo IaaS<sup>17</sup>.

- **Software Básico:** En este nivel las alternativas presentes son básicamente dos, obviamente se puede dar un *mix* de ellas, nos referimos a software básico comercial, representados por compañías tales como Microsoft, Oracle, IBM y otras. El otro modelo corresponde a producto del tipo Open Source o denominados FLOSS en el cual su modelo de cobros está vinculado a servicios y no a licenciamiento propiamente tal.

Tabla 1: Ítem de Costos Software Comercial - FLOSS

| Ítems de Costo | Comercial       | FLOSS |
|----------------|-----------------|-------|
| Licenciamiento | ✓               | ✗     |
| Soporte        | ✓ <sup>18</sup> | ✓     |
| Ingeniería     | ✓               | ✓     |

- **Software Aplicativo - SIAF:** En este nivel las alternativas presentes son básicamente dos, el desarrollo a medida de cada componente o bien la adaptación de un producto comercial existente, nos referimos a la implantación de un ERP comercial. En ambos casos existirán costos asociados al ítem diseño y construcción de software, ya sea para el desarrollo a la medida o bien de las adaptaciones que sean necesarias para que el producto opere cumpliendo los requisitos mínimos.

A la hora de evaluar los costos, algunos de estos componentes se deben aislar ya que podrían afectar el proceso de análisis, sobre todo si el proyecto de implementación de un sistema SIAF va a utilizar infraestructura tecnológica existente en el gobierno central.

---

<sup>17</sup> IaaS (Infrastructure as a Service): Soluciones de infraestructura tecnológica empaquetada en modalidad servicios, un ejemplo de ello son los servicios que hoy tienen las grandes compañías de hardware, tales como, IBM, Dell, HP y Amazon, en los cuales se ofrecen soluciones de almacenamiento, servidores y bases de datos.

<sup>18</sup> En algunos casos se incluye en el costo de Licenciamiento algunas horas de soporte

#### **IV. Fundamentos básicos del Análisis Costos-Beneficio**

El presente análisis está centrado en identificar los componentes de costo para la puesta en marcha Sistemas Integrados de Administración Financiera – SIAF para el Estado, para lo cual se ha tomado como premisa, que la decisión de implementar un SIAF ya está definida y nos encontramos en la segunda etapa del proceso de decisión, esto es, seleccionar desarrollo a la medida - LDSW<sup>19</sup> o implementación de un producto comercial - COTS<sup>20</sup> del tipo ERP<sup>21</sup>.

La etapa anterior presupone un análisis costo-beneficio de contar con una herramienta de este tipo, para lo cual se debe realizar una evaluación entre dos escenarios, evaluar los costos de no contar con un sistema SIAF versus los costos de puesta en marcha. Los costos de no contar con una herramienta de este tipo está asociadas generalmente a:

- Gestión deficiente del tesoro público,
- Costos de transacción para la gestión financiera (activos, transferencias de fondos, entre otros),
- Diseño y ejecución del presupuesto
- Monitoreo del uso de fondos públicos

Una vez tomada la decisión de incorporar una plataforma SIAF en el Estado, la siguiente pregunta es:

##### ***¿Construir a la medida o comprar un producto comercial?***

Esta pregunta se la hacen muchos gestores tecnológicos, tanto en el sector público, como privado. La elección tiene impactos y consecuencias diferentes a los largo del ciclo de vida del proyecto y en la operación posterior, por lo tanto el análisis de ambas alternativas es muy relevante.

En los últimos años, la decisión se ha complejizado aún más, ya que los niveles de sofisticación de los productos empaquetados ha aumentando de forma muy significativa. En el caso de los sistemas ERP, este aumento de complejidad ha sido muy significativo producto de un mayor conocimiento de los requerimientos de los mercados objetivos, así como de una mejor adaptación a ellos. En particular en el sector público, ya que originalmente este tipo de

---

<sup>19</sup> Conocido comúnmente como: Locally Developed Software (LDSW)

<sup>20</sup> Conocido comúnmente como: Commercial off-the-shelf (COTS)

<sup>21</sup> Enterprise Resource Planning (ERP), Sistema informáticos integrados de gestión financiera-operacional de organización de diverso tamaño -

[http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_resource\\_planning](http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning).

productos estaba fundamentalmente orientado a los requerimientos del sector privado y por lo tanto eran descartados rápidamente.

Por otra parte, el desarrollo de software cada vez más, se trata de un proceso de ensamblaje que de construcción de software desde cero. Algunos de los criterios que plantea el documento *Build versus Buy*<sup>22</sup> resultan fundamentales a la hora decidir entre ellos. En este contexto, podemos mencionar:

- **Importancia estratégica:** corresponde al nivel de relevancia de la aplicación que se está evaluando, esto es, mientras más cerca del núcleo (corazón) del negocio y más crítica sea su operación, la diferenciación por la vía de desarrollos a la medida - LDSW es relevante.
- **Cobertura funcional:** a mayor cobertura de los requerimientos funcionales y del negocio, la solución basada en Productos Comerciales - COTS se transforma en una solución más clara. El mercado siempre habla de la regla de cobertura del 80%, es decir, si la cobertura funcional es mayor o igual al 80% se recomienda tomar el camino de los productos comerciales.
- **Evolución:** Es fundamental en los productos comerciales evaluar su capacidad de evolución y el nivel de flexibilidad que presentan a cambios futuros del mercado. Estos aspectos van de la mano de la arquitectura y diseño del sistema. No es recomendable aventurarse con productos comerciales que no han tenido una evolución clara en el tiempo, ya que existen serios riesgos de que el producto se discontinúe a futuro.
- **Costo:** Evaluar el costo total de propiedad - TCO<sup>23</sup>. En el caso de los productos empaquetados se requiere contar con un modelo de servicios claro con el proveedor del software. En el caso de los desarrollos a la medida, se requerirá contar con recursos internos para las mantenciones futuras que requiera la aplicación.
- **Tiempos:** La puesta en marcha de sistemas empaquetados puede tener tiempos de implementación menores. Esto dependerá del nivel de profundidad de los cambios necesarios para su operación. Es decir, si un paquete tiene un alto nivel de cobertura funcional, la puesta en marcha puede ser bastante ágil.
- **Uso de Estándares:** En general los productos comerciales están adoptando estándares de industria en general empujados por presión del mercado, lo cual en el caso de desarrollos a la medida dependen del equipo de desarrollo y sus prácticas. Eventualmente existen menos incentivos en el caso del LDSW a adoptar los referidos estándares ya que no hay una presión similar.

---

<sup>22</sup> Build v. Buy, A Decision Paradigm for Information Technology Applications, Kenneth S. Ledeen, 2002

<sup>23</sup> Total Cost of Ownership

Por lo tanto al analizar todas estas variables, la decisión entre desarrollar un producto desde cero y adaptar un producto comercial pasa por un proceso que debe analizar al menos estas variables.

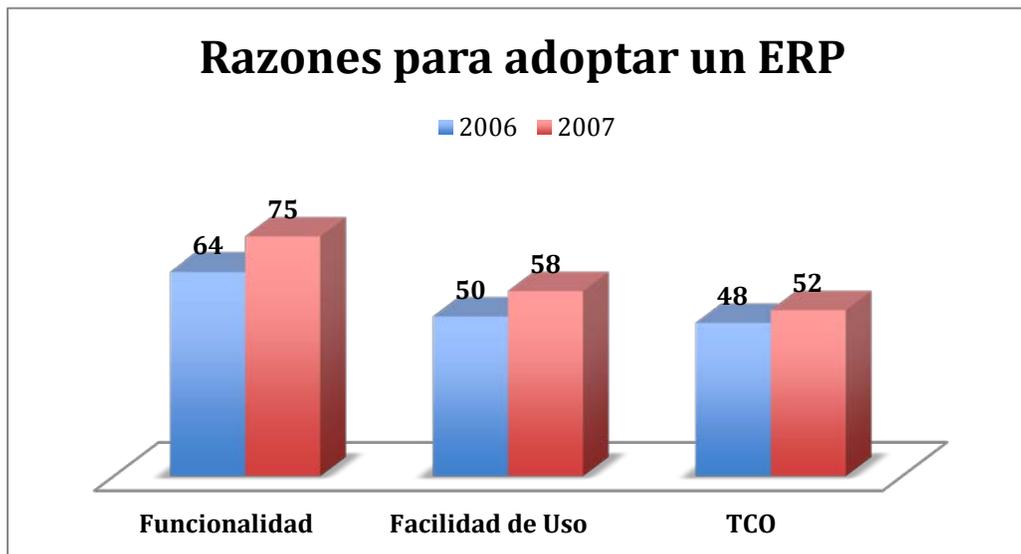
Tabla 2: COTS versus LDSW

| <b>Criterio</b>   | <b>COTS</b> | <b>LDSW</b> |
|---|-------------|-------------|
| Core-Misión Crítica   |             | ✓           |
| 80% o más de cobertura funcional                                  | ✓           |             |
| Tiempos de implementación cortos                                  | ✓           |             |
| Costo total de propiedad (TCO)                                    | Evaluar     |             |
| Evolución   | ✓           |             |
| Mercado proveedor consultores funcionales                         | ✓           |             |
| Mercado desarrollo de software                                    |             | ✓           |
| Reducir dependencia futura del proveedor( <i>vendor lock-in</i> ) |             | ✓           |

El proceso de decisión debiera analizar estos factores, de forma tal que el análisis sea sobre la base de un método lo más objetivo posible y no sólo sobre la variable de costos como habitualmente se aborda el tema.

En un estudio desarrollado por la consultora Aberdeen Group, *The Total Cost of ERP Ownership in Small Companies*, se mostró que las principales razones para seleccionar un ERP en el sector privado son: (i) la cobertura funcional que tiene, llegando a un 75% de las respuestas, y, (ii) el costo total de propiedad con un 52% de las respuestas.

Ilustración 9: Razones para la adopción de un ERP



Fuente: *The Total Cost of ERP Ownership in Small Companies*, Aberdeen Group, 2007

En el presente documento, nos centraremos en el proceso de análisis de los costos asociados a ambas líneas de acción, esto es, cobertura y costo, sin perjuicio de que la evaluación debe incorporar los otros criterios.

En el caso de la selección de producto ERP para el Sector Público, la evaluación debe considerar los elementos que le son propios a dicho sector, tanto desde el punto de vista funcional como de los atributos asociados a proyectos tecnológicos como se planteó en el punto anterior.

En ese contexto, el proyecto SIGFE<sup>24</sup>, Sistema Integrado de Gestión Financiera del Estado, del Ministerio de Hacienda de la República de Chile<sup>25</sup>, realizó una evaluación funcional de productos comerciales del tipo ERP, entendida como una prueba de concepto<sup>26</sup>, durante el año 2008. Los productos evaluados tenían en ese momento bastante presencia en el mercado local de instituciones públicas. La evaluación consideró tres grandes componentes:

- Aspectos funcionales,
- Arquitectura tecnológica
- Capacidades de integración con otros componentes.

<sup>24</sup> <http://www.sigfe.gov.cl>

<sup>25</sup> SIAF Chileno

<sup>26</sup> POC: Proof of Concept

En el ámbito funcional se definieron 136 criterios agrupados en las siguientes áreas funcionales:

Tabla 3: Evaluación POC - SIGFE

|   | <b>Cantidad de Variables</b> | <b>Ponderación Final</b> |
|---|------------------------------|--------------------------|
| Afectación presupuestaria                 | 29                           | 25%                      |
| Devengo presupuestario y Asiento Contable | 43                           | 25%                      |
| Imputación contable                       | 23                           | 25%                      |
| Instancia de Efectivo                     | 41                           | 25%                      |
|   | <b>136</b>                   | <b>100%</b>              |

Fuente: Evaluación POC, Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda, Chile, 2008

Para cada una de las variables se definió una escala con la cual fueron evaluados los diferentes productos.

Tabla 4: Escala de Evaluación POC

| <b>Nota</b> | <b>Nivel de Cumplimiento</b>   |
|-------------|--|
| <b>100</b>  | <i>Excelente</i> : no sólo cumple con el requerimiento de calidad a cabalidad, sino incorpora elementos que aportan valor agregado a la aplicación.  |
| <b>75</b>   | <i>Bueno</i> : cumple a cabalidad con el requerimiento de calidad establecido  |
| <b>50</b>   | <i>Regular</i> : cumple con el requerimiento de calidad establecido, sin embargo se tuvieron que hacer compromisos leves, sin impacto a nivel de negocio. Implicando un funcionamiento levemente sub óptimo.   |
| <b>25</b>   | <i>Deficiente</i> : cumple con el requerimiento de calidad, sin embargo se tuvieron que hacer compromisos relevantes o suavizar los criterios de evaluación. No hay impacto graves a nivel funcional, pero si elementos que potencialmente pudieran conducir a errores, impactar el desempeño u otros elementos indeseables. |
| <b>0</b>    | No cumple  |

Fuente: Evaluación POC, Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda, Chile, 2008

La evaluación obtenida por los productos se resume en el siguiente cuadro, se han omitido los nombres de los productos y empresas, ya que existen acuerdos de confidencialidad establecidos con la Dirección de Presupuestos.

Tabla 5: Resultado de la Evaluación POC - SIGFE

| <b>Área de Evaluación</b>                 | <b>Producto 1</b> | <b>Producto 2</b> | <b>Producto 3</b> |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Afectación presupuestaria                 | 69.7              | 30.8              | 41.3              |
| Devengo presupuestario y Asiento Contable | 74.7              | 42.3              | 47.2              |
| Imputación contable                       | 73.0              | 34.6              | 28.3              |
| Instancia de Efectivo                     | 75.1              | 35.4              | 44.1              |
| <b>Nota Final Ponderada</b>               | <b>73.2</b>       | <b>35.7</b>       | <b>40.2</b>       |

*Fuente: Evaluación POC, Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda, Chile, 2008*

Como se puede apreciar ninguno de los productos cumple con el nivel de 75 puntos, equivalente a *Bueno*, es decir, *cumple a cabalidad con el requerimiento de calidad establecido por el Estado de Chile*. En el caso del Producto 1, fue quien estuvo más cerca de dicho nivel. En su momento se recomendaron otras pruebas que finalmente no arrojaron los resultados esperados por lo que a la postre el producto 1 también fue descartado. Luego del proceso descrito se optó por embarcarse en un desarrollo a la medida, ya que la cobertura funcional de los productos comerciales evaluados se distanciaba de los requerimientos mínimos establecidos.

Al analizar los costos de una solución comercial COTS y un desarrollo a la medida LDSW, el análisis se debe realizar sobre todo el ciclo del proyecto, esto es, costos iniciales, implementación, puesta en marcha y finalmente de mantención y soporte, los cuales varían según la alternativa que se seleccione.

Ilustración 10: Ciclo de Análisis de Costo



## Costos Iniciales

En esta etapa se evalúa el costo total de propiedad del proyecto (TCO<sup>27</sup>). Cuando la alternativa que se está evaluando es un producto comercial COTS, se establecen criterios de cumplimiento de los requerimientos funcionales y técnico que la solución debe cumplir, esto es, identificando los niveles funcionales de:

- carácter obligatorio,
- deseable,
- y finalmente aquellos opcionales;

Las soluciones a medida no tienen esa segmentación establecida en forma tan clara y precisa. El diseño de las soluciones a medida se hace para cubrir todos los requerimientos del sistema con una segmentación poco clara. En general, en el proceso de evaluación de desarrollos a la medida no se incluyen los requerimientos opcionales, ya que es muy frecuente que no se cuenta con una especificación que llegue a ese nivel.

Estimar costos iniciales para productos comerciales es más sencillo que para desarrollos a la medida, ya que algunos de los valores, son montos con alto nivel de certeza, ejemplo de ello es el costo por licencia de uso, habitualmente dependiente de la cantidad de usuarios del sistema y/o servidores dependiendo de la modalidad de licenciamiento. Es en el proceso de implantación y/o adaptación donde aumenta el nivel de incertidumbre. En esta etapa va a influir especialmente el nivel de brecha respecto de la solución estándar y el requerimiento específico. Para ello los proveedores de sistemas GRP de clase mundial cuentan con modelos de estimación de esfuerzo, los cuales habitualmente se expresan en cantidad de horas-hombres por tipo de perfil profesional.

---

<sup>27</sup> Total Cost of Ownership, corresponde al costo total de una solución tecnológica, el cual incluyen adquisición, soporte, capacitación y en general todos los ítems de costo asociados.

Ilustración 11: Proceso de Implementación de ERP



*Fuente: Adaptación propia a partir de Technologies for Government Transformation*

La estimación de costos para desarrollos a la medida puede tener márgenes de error bastante significativos en función del tamaño del proyecto y la precisión de las especificaciones. Incluso en algunos casos en los cuales no existe un proceso riguroso de control de cambios, la estimación de esfuerzo original puede resultar totalmente errónea. Por tal motivo, se deben utilizar métodos alternativos para la evaluación del esfuerzo del proceso con el objeto de utilizarlos como mecanismo de validación. Para ello un método que puede ser utilizado como una forma de validación complementaria es el peso porcentual del esfuerzo por actividad del proceso para un desarrollo de estas características, tomando como referencia las métricas estudiadas para ello por Capers Jones, las que podemos resumir en:

Tabla 6: Peso en el esfuerzo total por actividades del proyecto

| <b>Actividad</b>           | <b>Peso porcentual</b> |
|----------------------------|------------------------|
| Especificación             | 20%                    |
| Programación               | 41%                    |
| Pruebas                    | 25%                    |
| Documentación              | 2%                     |
| Gestión del Proyecto (PMO) | 12%                    |

*Fuente: Elaboración propia en base a métricas de Applied Software Measurement, Capers Jones*

### **Implementación y Puesta en Marcha**

Cuando la solución está seleccionada aparecen otros costos, tales como: capacitación, adopción de usuarios, integración con procesos de negocio propios de cada implementación y finalmente las horas-hombre involucradas en la puesta en marcha del sistema.

En el caso de los sistemas la medida, no se cuenta con documentación ni material de capacitación, el cual debe ser desarrollado desde cero. Para los sistemas comerciales este tipo de documentación es parte del producto y por lo tanto no debe estimarse como costo separado, ya que habitualmente como parte del producto, estos cuentan con material estándar de capacitación y entrenamiento de los usuarios. En ciertas ocasiones sólo se hace necesario adecuarlos en función de las adaptaciones desarrolladas para la implementación en particular.

Un elemento relevante a la hora de adoptar un producto comercial es el esfuerzo necesario para adaptarlo a los procesos y prácticas de la organización, los cuales en el caso de los SIAF están bastante regulados y el nivel de flexibilidad que se tiene es relativamente bajo, por lo que en caso que el producto tenga una brecha funcional relevante, este esfuerzo se puede transformar en un elemento sustantivo a la hora de estimar el costo total del proyecto.

Otro elemento importante a destacar es que en el caso de productos comerciales se puede desarrollar un proceso con entregas más parcializadas, ya que existe un producto funcional desde

el comienzo del proyecto, cosa que no ocurre en el caso de los desarrollos a la medida, salvo que se utilice un enfoque metodológico basado en modelos ágiles<sup>28</sup>.

## Mantenimiento y Soporte

Una vez que el producto se encuentra operando, los costos están asociados fundamentalmente a modificaciones en el software, producto de cambios en los procesos de negocios, correcciones de errores y re-adopción de usuarios.

En el caso de los cambios en los procesos de negocios, el nivel de flexibilidad de productos comerciales es menor. Si la parametrización que se hizo a la hora de adaptarlo a los requerimientos de la organización fue muy profunda, puede resultar muy complejo adoptar nuevas versiones del producto.

La corrección de errores dependerá del tipo de relación contractual con la que se cuente con el proveedor del producto. En el caso de un desarrollo a la medida este esfuerzo está directamente relacionado con los conocimientos que la organización que opera el SIAF tenga. Para un producto comercial, la corrección de errores dependerá del contrato de mantenimiento que se establezca con el proveedor del mismo.

## Consideraciones Generales

Así como es relevante tener un entendimiento de los costos asociados a las diferentes etapas del proceso, es muy relevante incorporar algunos antecedentes que permitan sensibilizar el costo final, tal es el caso de los efectos del uso de software libre y del impacto que cada una de las componentes del proyecto tienen en el costo final

- **Software Libre:** Existen muchos mitos respecto de los costos asociados al uso del software libre o FLOSS. Cabe señalar que el impacto del uso de este tipo de producto, residen fundamentalmente en el costo asociado al licenciamiento. Esto puede ser importante en la capa de software básico, nos referimos a sistemas operativos, bases de datos, middleware y el *framework* de desarrollo, pero ello no tiene impacto en los costos

---

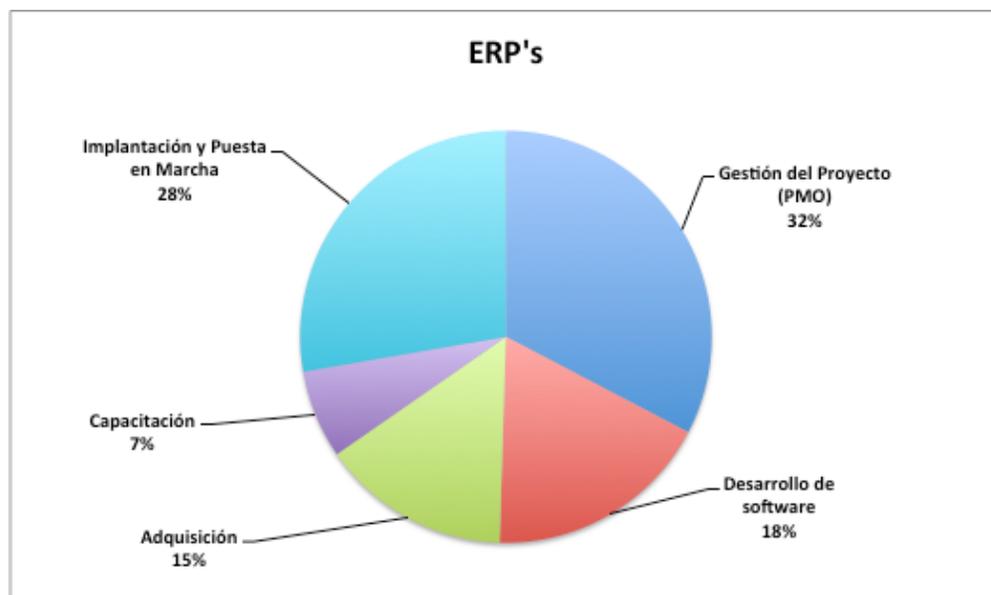
<sup>28</sup> Con esto nos referimos a metodologías del tipo ágil, SCRUM, Extreme Programming y otros -

<http://www.alexandrobarras.com/content/view/560804/Nuevas-practicas-de-desarrollo-de-software.html#content-top>

asociados a los otros niveles del proceso, nos referimos a desarrollo de software, capacitación, puesta en marcha y capacitación.

- **Impacto por etapa:** El Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica desarrolló una evaluación de la distribución de los costos asociados a proyectos de desarrollo de software y puesta en marcha de ERP's en algunas de las instituciones de la defensa norteamericana. En las gráficas siguientes se muestra la distribución de los costos en ambos escenarios. Si bien la muestra no es muy grande en términos de cantidad de proyectos, al menos entrega algunas luces del peso de cada componente en el proceso.

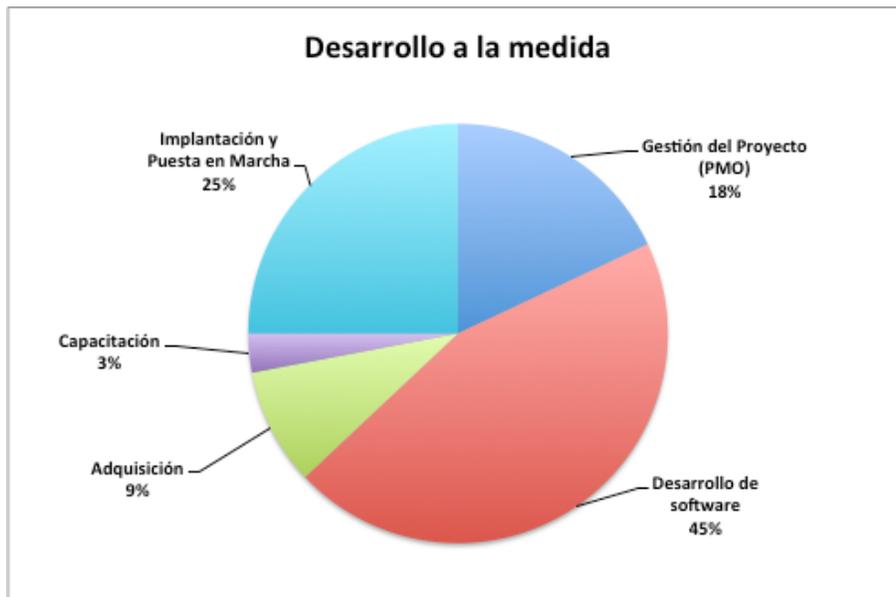
Ilustración 12: Distribución de costos para ERP



Fuente: Departamento de Defensa, USA

y para el caso de los desarrollos a la medida

Ilustración 13: Dsistribución de costos - Desarrollo de Software



Fuente: Departamento de Defensa, USA

Al comparar ambos escenarios se observan diferencias significativas que resultan entendibles producto de los diferentes enfoques.

Tabla 7: Diferencial de Impacto de costos - COTS versus LDSW

| Distribución del Costo según Escenario | COTS | LDSW | $\Delta$ |
|--|------|------|----------|
| Adquisición                            | 15%  | 9%   | 6%       |
| Desarrollo de Software                 | 18%  | 45%  | -27%     |
| Implementación y Puesta en marcha      | 28%  | 25%  | 3%       |
| Capacitación                           | 7%   | 3%   | 4%       |
| Gestión de Proyectos (PMO)             | 32%  | 18%  | 14%      |

Fuente: Departamento de Defensa, USA

En la modalidad COTS, los costos del proyecto se concentran fundamentalmente en la etapa de adquisición. Esto es producto de licenciamiento del aplicativo ERP y en la gestión del proyecto, lo cual puede deberse al uso de los enfoques metodológicos estandarizados que utilizan los

consultores implantadores de soluciones ERP. En el caso de LDSW los mayores impactos de están dado por la etapa de desarrollo de software.

Otra área que presenta diferencias importantes es la gestión de proyectos, lo cual se debe a que en general los enfoques metodológicos de los procesos de implantación de COTS requieren de perfiles profesionales de mayor costo y sus modelos de gestión son más estructurados en base a metodologías estándares.

## V. Variables de Análisis

Las plataformas modernas de sistemas integrados de gestión financiera SIAF<sup>29</sup>, son plataformas que buscan ayudar a los Estados con su gestión, los cuales deben cumplir con las siguientes características:

- cumplimiento de estándares contables comúnmente aceptados,
- estándares de reportabilidad,
- operación centralizada en modalidad web (*web-based*),
- acceso a gran cantidad de usuarios del sector público en todos los niveles,
- agregación de la data permitiendo realizar análisis de inteligencia de negocios del tipo BI sobre los datos,
- acceso a los ciudadanos, transparencia presupuestaria.

En términos generales estos sistemas ofrecen un gran potencial para mejorar el quehacer del Estado, su eficiencia, transparencia y rendición de cuentas (*accountability*).

La implementación de estos sistemas han generado toda clase de discusiones respecto de su real impacto, esto producto de que el esfuerzo que debe realizar un Estado en su proceso de diseño e implementación es muy significativo.

En el estudio del Banco Mundial - *Financial Management Information Systems*<sup>30</sup>, en el cual se analizan 87 proyectos de sistemas de administración financiera – SIAF, algunos de estos proyectos ya terminados y otros en curso en 51 países a nivel mundial, cuyos costos totales ascienden a 2,200 millones de dólares, lo cual significa un monto promedio de los proyectos de 25.3 millones de dólares por país, demuestra que estamos ante proyectos de gran envergadura y en muchos se trata de los proyectos tecnológicos más significativos del sector público.

Cuando los países abordan este tipo de proyectos surgen preguntas asociadas al modelo a adoptar y sus costos

- i. software desarrollado a la medida versus productos comerciales
- ii. costos estimados
- iii. principales factores de riesgo y sus medidas de mitigación
- iv. aprendizajes de otros proyectos similares que se pueden adoptar

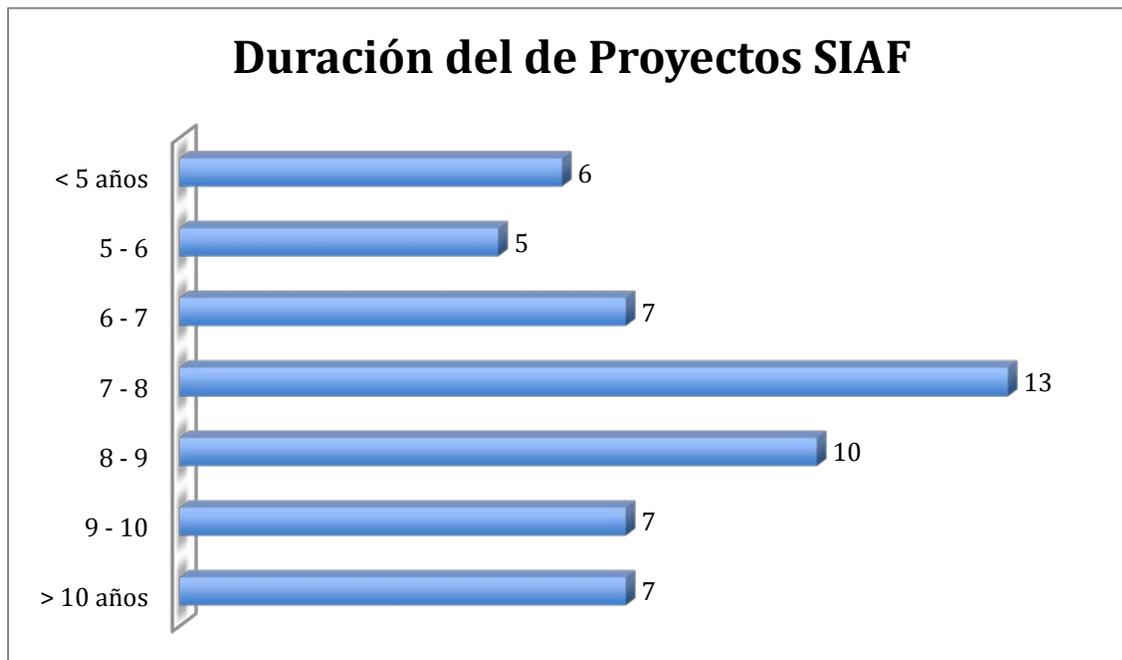
---

<sup>29</sup> FMIS – Financial Management Information Systems según el Banco Mundial

<sup>30</sup> Financial Management Information Systems, Cem Dener – Joanna Alexandra Watkins - William Leslie Dorotinsky, World Bank, 2011

Desde un punto de vista del esfuerzo este tipo de proyecto demoran prácticamente 8 años<sup>31</sup> en promedio según lo pudo comprobar el Banco Mundial en su análisis.

Ilustración 14: Cantidad de Proyectos SIAF según duración



Fuente: *Financial Management Information Systems World Bank, 2011*

Desde el punto de vista del diseño y la puesta en marcha de las soluciones TI para estos proyectos el mismo análisis se concluye que la implementación tecnológica es de 2.5 años en promedio.

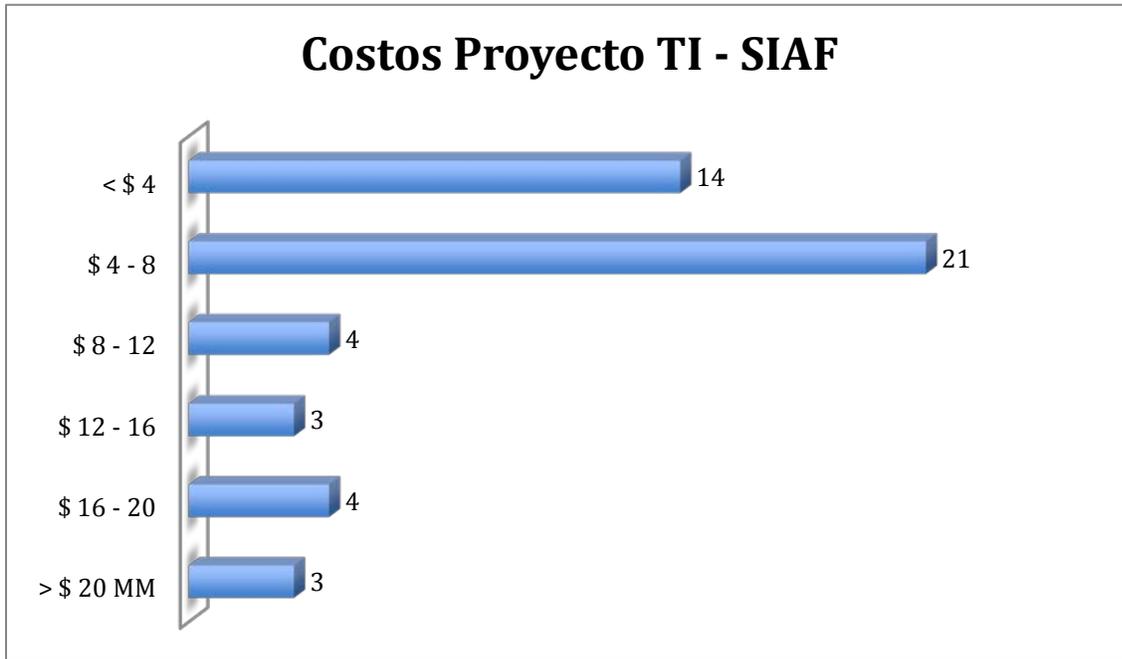
### Costos

El análisis muestra que de los 87 proyectos analizados los gastos asociados a tecnologías de información corresponden a 612 millones de dólares, de los cuales 324 millones son específicamente para los sistemas SIAF, correspondiendo el saldo a otras inversiones que no son atribuibles directamente al sistema de gestión financiera.

<sup>31</sup> Esto incluye no sólo la componente de desarrollo tecnológicos sino todos los elementos del proyecto.

En el caso de los proyectos específicos SIAF y sus gastos en tecnologías de información, un porcentaje importante (70%) de la muestra analizada tienen inversiones en TI que van desde los 4 y hasta los 8 millones de dólares.

Ilustración 15: Costos Proyecto SIAF



Fuente: *Financial Management Information Systems World Bank, 2011*

Los diferenciales de costos están fundamentalmente asociados al modelo y diseño del proyecto tecnológico que se adoptó, esto es, software comercial (COTS) o desarrollos a la medida (LDSW). Es importante aclarar que las desviaciones de los proyectos respecto de sus estimaciones iniciales son relativamente bajas según lo analizado por el Banco Mundial en su estudio.

Desde un punto de vista del impacto en el costo de los modelos COTS o LDSW, estos varían en función de algunas variables en forma significativa entre las variables relevantes a la hora de analizar el costo se encuentran:

- cantidad de usuarios
- profundidad funcional
- centralizado versus descentralizado

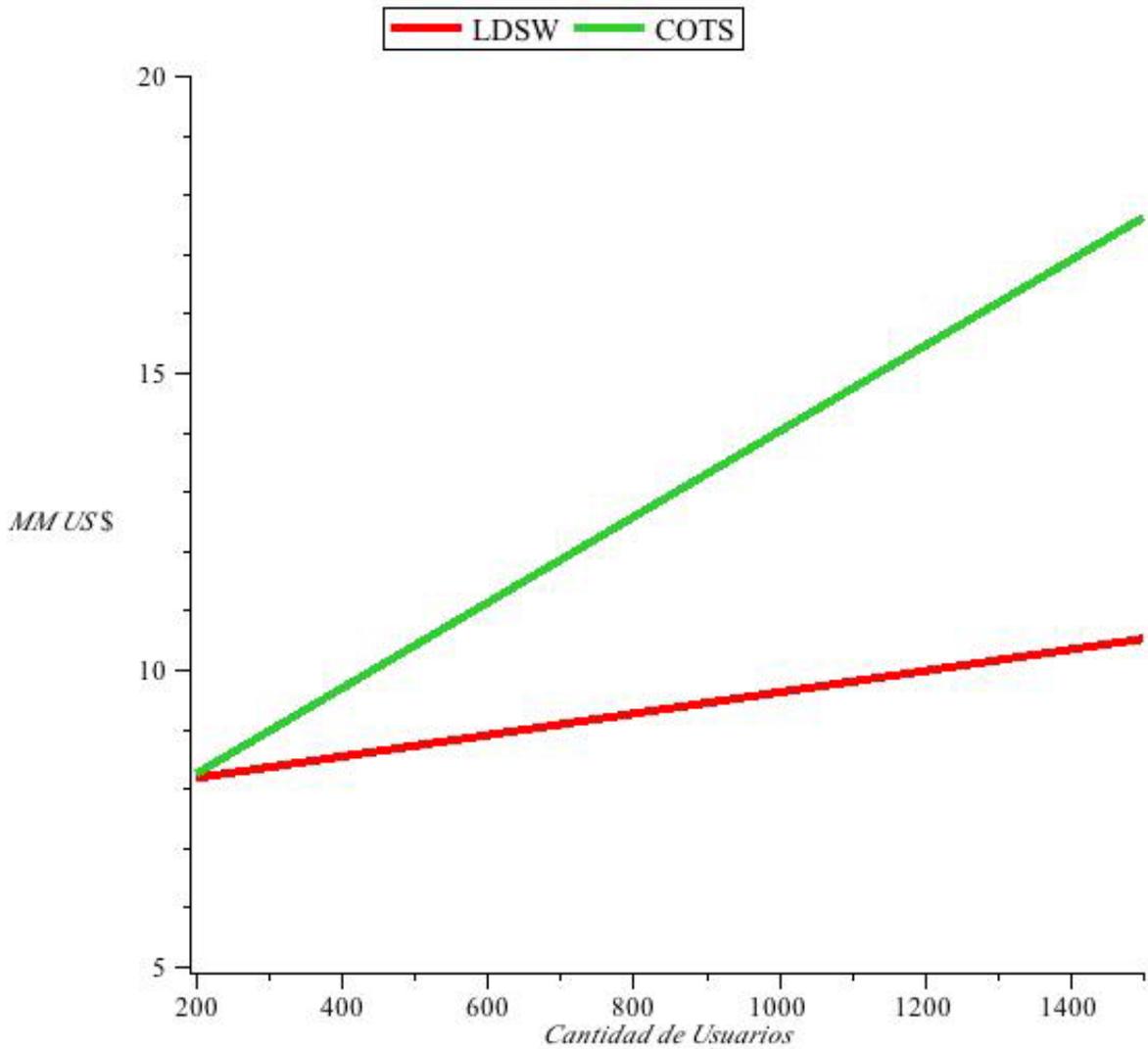
El propio Banco Mundial plantea un modelo de evaluación de costos expresado en millones de dólares, en función de la cantidad de usuarios para desarrollo a la medida (LDSW) y software comercial (COTS):

$$\text{Costo}_{LDSW} = 0.0018 \times \text{Usuarios} + 7.8135$$

$$\text{Costo}_{COTS} = 0.0072 \times \text{Usuarios} + 6.8046$$

Como se aprecia en las curvas, los costos bajan en la medida que aumenta la cantidad de usuarios. Las gráficas siguientes muestran ambas curvas para pocos usuarios y para grandes cantidades de usuarios.

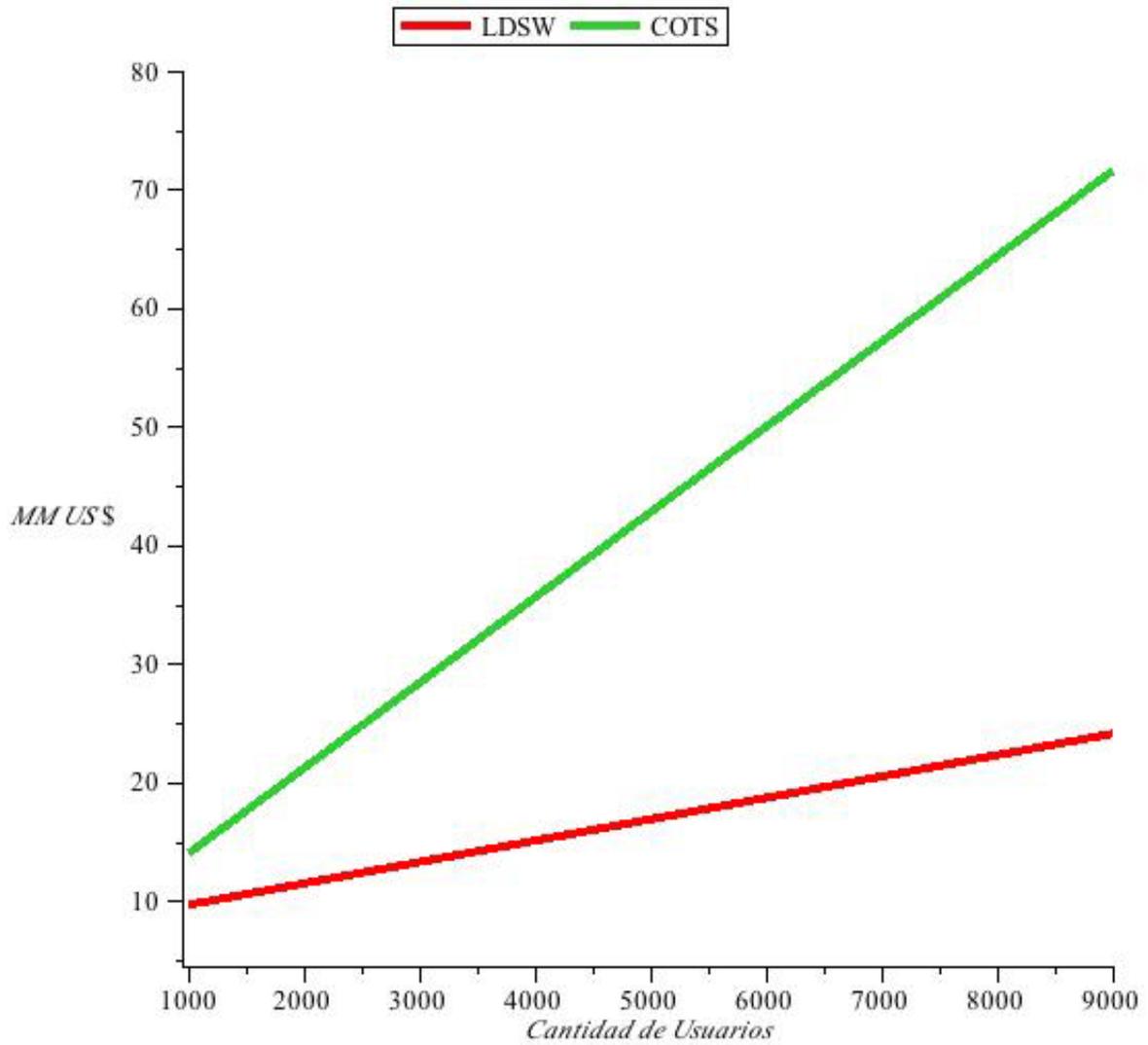
Ilustración 16: Modelo de Costos - Pocos Usuarios



Fuente: *Financial Management Information Systems World Bank, 2011*

En el caso de gran cantidad de usuarios el comportamiento de los modelos se muestra en la siguiente gráfica.

Ilustración 17: Modelo de Costos - Gran cantidad de Usuarios



Fuente: *Financial Management Information Systems World Bank, 2011*

Esto es, la brecha entre ambos escenarios aumentan en la medida la cantidad de usuarios.

En la tabla siguiente se muestran los costos promedio para las alternativas de productos comerciales y desarrollos a la medida.

Tabla 8: Costo promedio por usuario - Banco Mundial

| <b>Tipo de Desarrollo</b>     | <b>Costo Promedio Usuario<br/>(US\$)</b> |
|-------------------------------|--|
| Producto Comercial (COTS)     | <b>15.900</b>                            |
| Desarrollo a la medida (LDSW) | <b>9.000<sup>32</sup></b>                |

Fuente: *Financial Management Information Systems World Bank, 2011*

Un elemento que se debe destacar es que el análisis desarrollado por el Banco Mundial tiene proyectos desarrollados en modalidad cliente-servidor, los cuales aumentan los valores comparativamente con proyectos basados en una modalidad web, por lo que los costos podrán ser menores, ya que la modalidad cliente-servidor requiere de software en las puntas, con el consiguiente costo de su desarrollo, pero sobre todo del esfuerzo logístico que ello implica.

La región latinoamericana ha optado en forma mayoritaria por proyectos basados en desarrollos a la medida. En otras latitudes la selección de una u otra modalidad es bastante más pareja. Por lo tanto, tal como lo analizamos la estructura de costos debe considerar los siguientes elementos:

- Métricas de dimensionamientos, las cuales incluyen cantidad de usuarios, volumen de transacciones por tipo y frecuencia y finalmente volumen de datos.
- Esfuerzo, expresado en horas-hombre de las labores de ingeniería involucradas (diseño, desarrollo, adaptación, capacitación y soporte entre otras)
- Adopción de usuarios, lo cual incluye todas las funciones de capacitación, soporte usuarios final.
- Costos asociados a la adquisición de software básico y su posterior mantención
- Costos asociados a la adquisición de equipamiento y la mantención asociada

---

<sup>32</sup> Cabe señalar que este valor es muy sensible y para proyectos de gran tamaño baja a 3.000, llegando a 15.000 en el caso de proyectos pequeños.

## Consideraciones Cualitativas

Existen algunas consideraciones adicionales al momento de evaluar los costos, que son más de carácter cualitativo y que pueden influir en los costos finales del proyecto. Ellas están fundamentalmente asociadas a la calidad del mercado oferente en el país. Nos referimos a su madurez, competencias técnicas y de gestión de proyectos de este tipo y envergadura. En el caso que en el país no se cuente con profesionales conocedores de la tecnología, esto incorpora riesgos importantes, los cuales en el largo plazo se traducen en mayores costos.

Otro elemento adicional a la hora de evaluar costos es la experiencia de la empresa adjudicada para el desarrollo de este proyecto en términos de cantidad de proyectos de similar envergadura que hayan desarrollado en el pasado.

Es parte del análisis y de elementos que pueden influir en el costo de la solución, las restricciones institucionales que pudieren existir. Nos referimos a condicionantes a la hora de la contratación o bien definiciones de estándares tecnológicos nacionales que impacten en la decisión. Un ejemplo de ello es la opción que ciertos Estados han tomado respecto del uso de *open source* versus productos comerciales o de restricciones asociadas a la contratación de servicios en modalidad *cloud computing*. Este tipo de normas y/o definiciones previas pueden encarecer la solución definida.

## VI. Modelo de Evaluación

El modelo de evaluación debe considerar no sólo los costos directos asociados a la implementación ya que este análisis podría estar sesgado y no contemplar elementos esenciales a la hora de definir el modelo más adecuado para el país. Analicemos algunas de estos criterios:

- **Periodo de Evaluación:** Este tipo de proyectos debe ser analizado con horizontes de tiempo que van de 8 a 10 años. La experiencia comparada indica que muchos de estos proyectos están asociadas a modernizaciones de mayor envergadura (gestión del gasto público) que tienen procesos de maduración con horizontes de tiempo como los planteados.
- **Vida Útil:** La vida útil de estos proyectos tienen dos componentes, nos referimos a la vida útil tecnológica, la cual no va más allá de 5 años y la funcional, cuya vida útil puede ser mucho mayor. En el caso de la vida útil tecnológica está asociada a la obsolescencia tecnológica de las componentes que se utilicen en la implementación de la solución. En el caso de las soluciones basadas en productos COTS, estos tienen en general ciclos definidos de evaluación, denominado *roadmap del producto*. En el caso de la vida útil funcional, estas dependen de los modelos de negocio y la sistematización de estos. En el caso que existan cambios normativos mayores, el modelo funcional se mantendrá durante el tiempo.
- **Costos de Mantenimiento:** En la evaluación se deben incluir los costos de mantención. En el caso de productos de software, estos se mueven dependiendo del producto en un rango que va entre 15% y 20% del costo de licenciamiento anualmente. Para efectos de la evaluación del proyecto habitualmente se considera un periodo de 3 años.
- **Precios Sombra:** Estos están relacionados con el costo de oportunidad, en este caso debiera evaluarse el proyecto con respecto a la situación sin la puesta en marcha de un sistema SIAF. Este tipo de evaluaciones se realiza al momento de iniciar el proceso. En este documento no hemos analizado esa situación ya que como se mencionó al inicio, damos por supuesto que se va a implementar un sistema SIAF.

Existen otros elementos que impactan el análisis. Nos referimos a la experiencia asociada a procesos de externalización y a la madurez del mercado oferente, ya que esto definirá que tan profundo es el modelo de externalización que se quiere adoptar y/o se puede adoptar.

## Modelo de Evaluación - COTS

El estudio de Aberdeen reflejó adicionalmente que los costos son muy dependientes de la cantidad de usuarios, lo cual parece algo más o menos obvio, en la tabla siguiente se muestran los resultados del análisis:

Tabla 9: Costos de Implantación de ERP

| Usuarios | Licencias   |     | Implantación |     | Mantenición <sup>33</sup> |     | Costo Total Propiedad (USD) | Costo Usuario (USD) <sup>34</sup> |
|----------|-------------|-----|--------------|-----|---------------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------------|
|          | Monto (USD) | %   | Monto (USD)  | %   | Monto (USD)               | %   |                             |                                   |
| 38       | 176.597     | 46% | 126.022      | 33% | 81.676                    | 21% | 384.295                     | 13.854                            |
| 92       | 482.941     | 45% | 351.374      | 32% | 247.554                   | 23% | 1.081.869                   | 15.304                            |
| 195      | 695.395     | 40% | 581.090      | 34% | 443.066                   | 26% | 1.719.551                   | 18.157                            |
| 344      | 985.714     | 50% | 655.263      | 33% | 346.639                   | 17% | 1.987.616                   | 7.738                             |
| 475      | 1.364.286   | 44% | 1.110.000    | 36% | 617.735                   | 20% | 3.092.021                   | 8.712                             |
| 2187     | 2.360.577   | 40% | 2.081.000    | 35% | 1.479.208                 | 25% | 5.920.785                   | 6.025                             |
| 3365     | 2.652.500   | 45% | 2.102.778    | 36% | 1.163.531                 | 20% | 5.918.809                   | 2.068                             |

Fuente: Aberdeen Group, 2007

Como se puede apreciar en el estudio de referencia, los costos por usuario varían desde cerca de 18.000 dólares a algo más de 2.000 dólares, manteniéndose más o menos estable la distribución de costos en términos de licenciamiento, implantación y costos de mantención. El impacto de los ítems de costos es:

<sup>33</sup> Costos de mantención por un periodo de 3 años

<sup>34</sup> El costo por usuario no se desprende directamente ya que algunas de las empresas contestaron el dato directamente y otras contestaron toda la investigación por lo que no se puede obtener directamente de la división

Tabla 10: Relación de Costos de ERP's

| Área de Costo              | Mínimo | Media | Máximo |
|----------------------------|--------|-------|--------|
| Licenciamiento de Software | 40%    | 44%   | 50%    |
| Servicios de Implantación  | 32%    | 34%   | 36%    |
| Servicios de Mantenición   | 17%    | 22%   | 26%    |

En el análisis realizado por Kavanagh y Miranda (Kavanagh, Miranda 2005) se identifican costos de software y de servicios, incluyendo estos últimos los costos asociados a mantención. En el análisis se realiza una segmentación por tipo de software ERP en dos niveles, esto es, el denominado TIER I correspondiente a productos de clase mundial orientado a grandes corporaciones e instituciones. Este tipo de productos es bastante sofisticado, habitualmente los consultores especialistas en estos productos son las grandes compañías consultoras<sup>35</sup>. El TIER II corresponde a productos más locales, menos sofisticados en términos de cobertura funcional y que tienen una menor presencia mundial como es el caso de los productos evaluados por Chile y presentados con anterioridad. Adicionalmente las empresas que realizan implantaciones de este tipo de productos son firmas consultoras más pequeñas y en algunos casos se trata de los mismos fabricantes del productos de software ERP.

Tabla 11: Diferencial de costos según tipo de ERP

|                            | TIER I | TIER II |
|----------------------------|--------|---------|
| Licenciamiento de Software | 16%    | 40%     |
| Servicios                  | 84%    | 60%     |

*Fuente: Technologies for Government Transformation, 2010*

En base a los antecedentes anteriores para el caso de las implantaciones de sistemas SIAF, y considerando que se trata de plataformas muy masivas en términos de cantidad de usuario, las distribuciones de costo que se debieran establecer corresponden a:

---

<sup>35</sup> Nos referimos a empresas tales como: Accenture, IBM, Deloitte y otros.

Tabla 12: Distribución de costos - SIAF

|                            | <b>Distribución de Costos<br/>SIAF</b> |
|----------------------------|--|
| Licenciamiento de Software | 45%                                    |
| Proyecto de Implantación   | 36%                                    |
| Costos de Mantenimiento    | 20%                                    |

Fuente: Desarrollo propio

### Modelo de Evaluación – Desarrollo a la Medida (LDSW)

Hoy en día existen múltiples métodos de estimación de esfuerzo y por ende de costos asociados al desarrollo de software. En nuestro caso analizaremos básicamente dos métodos, líneas de código (SLOC) y puntos de función (PF). Si bien existen otros métodos, hoy la experiencia acumulada con estos métodos, es más amplia y por lo tanto tiene mayores niveles de precisión en sus estimaciones.

### Líneas de Código (SLOC)

Este método es probablemente el más antiguo de los métodos de estimación de desarrollo de software y fue asociado a los modelos de Putman<sup>36</sup> y Boehm<sup>37</sup>. La estimación de líneas de código habitualmente se hace en base a criterio experto, otros sistemas similares y a experiencia de la industria, para ello se establecen tres niveles de estimación de cada área funcional: optimista (AFO), más probable (AFMP) y pesimista (AFP) con lo cual se estima la cantidad de líneas totales para un sistema:

$$KLOC = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{AFO_i + 4 \times AFMP_i + AFP_i}{6}}{1.000}$$

<sup>36</sup> Modelo: Software Lifecycle Management (SLIM) de 1979

<sup>37</sup> Constructive Cost Model (COCOMO) publicado en 1981

Para llevar esta estimación de tamaño del proyecto a costos de desarrollo se utiliza un modelo exponencial del tipo:

$$Costo = \alpha \times KLOC^{\beta} + \gamma$$

En el cual  $\alpha$  corresponde al costo marginal por cada mil líneas de código,  $\beta$  el exponente de KLOC y finalmente  $\gamma$  al costo fijo del proyecto. Estos parámetros dependen de la arquitectura y del lenguaje que se vaya a utilizar en el desarrollo. Algunos ejemplos de los valores a utilizar en el modelo pueden ser obtenidos de Caper Jones (Capers Jones 2008).

### **Puntos de Función**

Otro método alternativo para la estimación de costos de desarrollo es el método denominado puntos de función desarrollado por Albrecht<sup>38</sup> (Albrecht 1979), para lo cual el sistema a desarrollar debe ser segmentado en cinco tipos de funciones, esto es:

- **Entradas externas:** se refiere a todas las funciones asociadas al ingreso de datos, un ejemplo de ello es un formulario de ingreso de datos.
- **Salidas externas:** Corresponde a todos los datos procesados para ser entregados a entes externos a la aplicación (reportes, listados, archivos de intercambio).
- **Consultas externas:** corresponden a entradas-salidas que involucran una respuesta inmediata del sistema y no modifican datos internos.
- **Interfaces externas:** Son todos las funciones asociadas al intercambio de datos con sistemas externos.
- **Archivos internos:** funciones de gestión de los datos internos de la aplicación.

Con estas funciones se procede a contabilizarlas y asignarles un nivel de complejidad (bajo, medio, alto), para luego contabilizar todo el sistema:

---

38 Measuring Application Development Productivity, A. J. Albrecht, Proceedings of the Joint SHARE, GUIDE, and IBM Application Development Symposium, Monterey, California, 1979

Tabla 13: Cálculo de Complejidad de Puntos de Función

|                   | Complejidad |            |            |
|-------------------|-------------|------------|------------|
|                   | Bajo        | Medio      | Alto       |
| Entradas externas | _____ x 3   | _____ x 4  | _____ x 6  |
| Salidas externas  | _____ x 4   | _____ x 5  | _____ x 7  |
| Archivos internos | _____ x 7   | _____ x 10 | _____ x 15 |
| Interface externa | _____ x 5   | _____ x 7  | _____ x 10 |
| Consulta externa  | _____ x 3   | _____ x 4  | _____ x 6  |

Para obtener la cantidad de puntos de función con su respectivo peso, denominado puntos de función no ajustados (UFP) este se obtiene de:

$$UFP = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 w_{ij} x_{ij}$$

Con esto se obtiene una idea bastante precisa de la cantidad de funciones con que cuenta el sistema. Adicionalmente Albrecht define algunas categorías sobre las cuales la aplicación debe centrarse y que definirán el peso del esfuerzo para obtener los valores de ajuste con que el desarrollo debe ser sensibilizado, nos referimos a<sup>39</sup>:

- Transferencia de datos (*data communication*)
- Funciones distribuidas
- Desempeño (*performance*)
- Procesos de configuración
- Volumen transaccional
- Ingreso de datos online
- Eficiencia para usuarios final
- Actualización online
- Procesamiento complejo

---

<sup>39</sup> Mayor información en: <http://www.softwaremetrics.com/fpafund.htm>

- Reutilización
- Facilidad de instalación
- Facilidad operacional
- Múltiples ubicaciones (*sites*)
- Facilidad de mantención

Cada una de estas características debe ser valorizada con un valor que va entre 0 y 5 (de menor a mayor nivel de complejidad), el valor final de ajuste a los puntos de función, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$VAF = 0,65 + 0,01 \times \sum_{i=1}^{14} c_i$$

Por lo que el valor final de los puntos de función ajustados se obtiene:

$$AFP = UFP \times VAF$$

El costo final del desarrollo será función de algunas otras variables tales como, nivel de productividad del equipo de trabajo, el cual se expresa como cantidad de puntos de función por hora, generalmente y dependiendo del nivel de conocimiento y *background* del equipo de proyecto este se mueve entre 8 y 24 horas por punto de función dependiendo de varios atributos (lenguaje, arquitectura, productividad y otros). Una forma de determinar este valor es en base a la historia del desempeño del equipo de proyecto.

El costo final del proyecto se determinará de la siguiente forma:

$$Costo = \frac{AFP \times Productividad}{Horas Laborales} \times Costo\_unitario\_equipo\_proyecto$$

Según el experto Capers Jones, la productividad de puntos de función depende del tipo de software que se está desarrollando, la metodología a utilizar y envergadura del desarrollo, algunas métricas de productividad Puntos de Función (PF) por staff mensuales. En la tabla siguiente se muestran algunos ejemplos de productividad por equipos de proyecto según tamaño del desarrollo y la metodología utilizada:

Tabla 14: Productividad de Equipo de Desarrollo en función de tamaño y método

| Método                       | Tamaño del Desarrollo expresado en puntos de función (PF) |             |             |
|------------------------------|---|-------------|-------------|
|                              | 1.000 PF  | 10.000 PF   | 100.000 PF  |
| CMM Nivel 5                  | 12,50   | 9,25        | 7,75        |
| Orientado a objeto (OO)      | 15,50   | 8,25        | 6,75        |
| RUP                          | 11,00   | 7,50        | 5,50        |
| Scrum                        | 23,00   | 7,00        | 5,25        |
| CMM Nivel II                 | 7,50  | 4,00        | 2,25        |
| Cascada                      | 8.00  | 2.50        | 1,50        |
| CMM Nivel I                  | 6.50  | 1.50        | 1.25        |
| <b>Promedio<sup>40</sup></b> | <b>13,64</b>  | <b>7,00</b> | <b>5,23</b> |

Fuente: *Applied Software Measurement, Capers Jones, 2008*

Existe una gran cantidad de herramientas en la web que permiten evaluar el esfuerzo para un proyecto específico. Incluso existen algunos sitios web que cuentan con calculadoras on-line de puntos de función<sup>41</sup> el principal desafío a la hora de generar las estimaciones reside en los parámetros a usar, en particular los niveles de productividad. En el caso de que no se cuente con parámetros específicos de la situación que se está evaluando es recomendable utilizar métricas comúnmente aceptadas y aumentar los factores de riesgo de la estimación.

De ambos métodos hoy por hoy el más utilizado es el correspondiente a puntos de función, si bien por ambos caminos se puede llegar a un resultado equivalente ya que:

<sup>40</sup> El promedio fue calculado con otros métodos además de los mostrados en esta tabla, métodos que son menos comunes en el caso de los desarrollos del tipo SIAF

<sup>41</sup> Algunos ejemplos de calculo online de puntos de función tal es el caso de <http://developergeeks.com/functionpoint.aspx> y [http://groups.engin.umd.umich.edu/CIS/course.des/cis525/js/f00/harvey/FP\\_Calc.html](http://groups.engin.umd.umich.edu/CIS/course.des/cis525/js/f00/harvey/FP_Calc.html)

$$PF = \alpha \times KLOC$$

Siendo  $\alpha$  un parámetro que depende del tipo de sistema y del lenguaje utilizado, este parámetro puede ser consultado en múltiple bibliografía. Esta alternativa puede ser utilizada como una forma de chequeo y validación del resultados final.

### **Productividad del Sector Público**

Una de las variables relevantes en la evaluación en base a puntos de función, es el nivel de productividad de los equipos de desarrollo para lo cual se debe utilizar la experiencia previa de desarrollo de software. En caso que no exista una métrica precisa, es factible utilizar métricas internacionales considerando las diferencias propias de cada mercado. Se adjunta como anexo niveles de productividad del sector público para diferentes lenguajes. En su estudio *Software Development Projects in Government*, desarrollado por International Software Benchmarking Standards Group, se efectuó un análisis del comportamiento de los proyectos de desarrollo de software<sup>42</sup>, que permiten contar con algunas métricas asociadas a dicho desempeño. Entre estas métricas podemos destacar las siguientes:

- Los proyectos del sector público son aproximadamente un 8% más productivos que los del sector privado.
- Los proyectos desarrollados en la modalidad *in-house* son 14% más productivos que aquellos en una modalidad externalizada.

Los valores anteriormente señalados pueden utilizarse para sensibilizar los resultados del modelo.

### **Dimensionamiento**

Algunas métricas de carácter aproximado, de un par de experiencias de desarrollos a la medida en la región, es relevante destacar que se trata de métricas aproximadas y sólo deben utilizarse

---

<sup>42</sup> Corresponde a una muestra de cerca de 2.000 en 30 países lo que permiten un análisis bastante preciso de dicho comportamiento.

como una referencia, ya que cada caso dependerá como se mostró anteriormente de la cobertura funcional y el alcance del proyecto.

Tabla 15: Dimensionamiento de costo desarrollo

| <b>Métrica</b>               | <b>Valor</b>  |
|------------------------------|---|
| <b>CASO 1</b>                |   |
| Atributos                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• País tamaño medio</li> <li>• Cobertura gobierno central</li> <li>• Cobertura funcional de mediana complejidad</li> </ul> |
| Puntos de Función (estimado) | 15.500 PF   |
| LOC                          | 850.000   |
| Horas-Hombre desarrollo      | 380.000   |
| <b>CASO 2</b>                |   |
| Atributos                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• País de gran tamaño</li> <li>• Estructura federal</li> <li>• Alta complejidad</li> </ul>                                 |
| Puntos de Función (estimado) | 48.000 PF   |

*Fuente: Antecedentes recopilados en la región por el autor*

El primer caso se trata de un país de la región de tamaño medio y que ya ha recorrido algo de camino en este proceso, su desarrollo contempló sólo el gobierno central y una cobertura funcional del software sólo parcial. En el segundo caso se trata del otro extremo, es decir, un gran país con estructura federal y de alta complejidad. Considerando costos promedios por punto de función según Caper Jones, para desarrollo de sistemas comerciales en Estados Unidos y los costos promedios en la modalidad de offshore, generalmente correspondiente a factorías de software en India y otros países, para los casos anteriores se obtienen los siguientes costos de desarrollo.

Tabla 16: Estimación de costo desarrollo

|                            | <b>Costo Unitario<br/>(US\$/PF)</b> | <b>PF</b> | <b>Costo Total<br/>(US\$)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| <b><i>CASO 1</i></b>       |                                     |           |                               |
| Desarrollo de Software USA | 1.518                               | 15.500    | <b><i>23.544.000</i></b>      |
| Desarrollo Offshore        | 819                                 | 15.500    | <b><i>12.694.500</i></b>      |
| <b><i>CASO 2</i></b>       |                                     |           |                               |
| Desarrollo de Software USA | 1.518                               | 48.000    | <b><i>72.912.000</i></b>      |
| Desarrollo Offshore        | 819                                 | 48.000    | <b><i>39.312.000</i></b>      |

*Fuente: Desarrollo propio sobre la base de antecedentes recopilados en la región por el autor*

Para efectos de análisis en la región es razonable utilizar un costo punto de función en torno a los US\$ 1.000 por punto de función como un buen proxy, sin perjuicio de que cada país tiene su propia realidad que debe ser evaluada.

Cabe señalar que estos costos no incluyen el resto de las componentes, tales como mantención, infraestructura y operación, las cuales al momento de realizar una estimación de costos completa debieran incluirse.

## Función de Costos

Por lo tanto la función de costos para un proyecto SIAF debe contemplar los siguientes elementos:

Tabla 17: Elementos de Costo - Proyecto SIAF

| Área                        | Descripción  |          |
|-----------------------------|--|----------|
| <b>Hardware</b>             | Costo del equipamiento necesario para desarrollo y producción  | <b>A</b> |
|                             | Costos de mantención anual de la plataforma ( $\alpha$ ), para efectos de evaluación considerar un periodo de 3 a 5 años   |          |
| <b>Software Básico</b>      | Costo de la plataforma de software básico, la cual debe incluir el software necesario para el desarrollo y operación del SIAF. Este costo habitualmente está asociado a la cantidad de usuarios. En el caso de productos <i>open source</i> este costo podría ser 0, pero deberá considerarse costos de soporte.   | <b>B</b> |
|                             | Costos de mantención anual de la plataforma de software básico ( $\beta$ ). Para efectos de la evaluación considerar un periodo 3 a 5 años. En el caso de los productos <i>open source</i> estos costos corresponden a horas de soporte.   |          |
| <b>Software Aplicativo</b>  | <p>En este punto es cuando se producen las mayores diferencias entre el modelo COTS y LDSW.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>COTS</i>: Debe incluir el licenciamiento y los costos asociados al proceso de adaptación del producto.</li> <li>• <i>LDSW</i>: Costos asociados a los equipos de desarrollo, para lo cual su estimación debe basarse en los métodos anteriormente anunciados.</li> </ul> | <b>C</b> |
| <b>Puesta en Marcha</b>     | Costos asociados a la puesta en marcha del sistema, el cual debe incluir capacitación, documentación y soporte. Estos costos corresponden fundamentalmente a horas-hombre.   | <b>D</b> |
| <b>Gestión del Proyecto</b> | Se debe considerar un costo asociado a la gestión global del proceso, lo cual dependiendo de la envergadura del proyecto debiera considerar una oficina de proyectos (PMO). Las estimaciones para este tipo de actividades van entre 10% y 15% del costo total del proyecto.   | <b>E</b> |
| <b>Contingencia</b>         | Estimar un monto de contingencia para el proyecto, el cual debe cubrir aquellos elementos no considerados y/o desviaciones de la estimación inicial, para este ítem en general se utilizan valores que van entre 5% y 10%  | <b>F</b> |

La función de costos sería:

$$f\_Costo = (A + \alpha A \times n) + (B + \beta B \times n) + C + D + E + F$$

Esta función debe ser sensibilizada respecto de otros proyectos, de forma tal que los rangos que tienen algunas de las variables puedan ser acotados, en caso que no exista experiencia previa debe tomarse el peor escenario. Por otra parte, como una forma de aislar el problema y poder tomar la decisión respecto de los escenarios desarrollo a la medida versus COTS, algunas de estas variables se pueden considerar constantes en ambos casos, como son las adquisiciones de hardware y un porcentaje del software básico necesario para la operación.

## VII. Estudios de casos: Nicaragua, Perú y Chile

A partir de los antecedentes entregados se procedió a analizar los países propuestos, esto es, Chile, Nicaragua y Perú, para los cual se utilizaron las siguientes fuentes de información:

Tabla 18: Fuentes de Información - Países en Evaluación

| <b>País</b> | <b>Fuente de Información</b>  |
|-------------|---|
| Nicaragua   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Documento “Análisis Costo Beneficio” NI-L1033</li></ul>   |
| Perú        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio de pre inversión a nivel de factibilidad del proyecto de inversión pública “Modernización del Sistema de Administración Financiera Pública para mejorar la programación, ejecución, rendición de cuentas de los Recursos Públicos” – Darwin Teófilo Eufracio León</li></ul> |
| Chile       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Entrevista a Directivos del Proyecto</li><li>• Documento: Documento de Evaluación Del Proyecto - Segundo Proyecto de gestión del Gasto Público</li></ul>  |

### **Nota Explicativa:**

Se debe señalar que la información y documentación de los países seleccionados para el Estudio de Casos (Nicaragua, Perú y Chile) a la cual se tuvo acceso, se centra en un análisis asociado a las ventajas de costo-beneficio de contar con una plataforma SIAF, pero no se describe un análisis de las alternativas de desarrollo a la medida - LDSW versus producto comercial - COTS en términos de costo.

## Nicaragua

El proyecto SIAF de Nicaragua se está desarrollando en el contexto del Programa de Modernización del Sistema de Administración Financiera (PMSAF), cuyo objetivo es desarrollar un sistema de administración financiera, el cual se espera cumplan con los siguientes objetivos:

- Apoyar el fortalecimiento de los sistemas de administración, mediante la implantación de actividades identificadas en el PMSAF que permitan el desarrollo de métodos y procesos entre cada de los entes rectores, para que generen información confiable sobre resultados operativos, económicos y financieros que deben apoyar el proceso de toma decisiones.
- Implementar un sistema integrado de administración financiera, para lo cual se espera desarrollar una nueva plataforma de gestión, la actual tiene problemas de obsolescencia y de cobertura.
- Desarrollar un programa de adopción de usuarios y puesta en marcha de la nueva plataforma, tanto a nivel del gobierno central como de los entes descentralizados.

El fortalecimiento de la plataforma SIAF contempla el desarrollo de sus sistemas centrales:

- Presupuesto
- Tesorería
- Crédito Público
- Contabilidad Gubernamental

Adicionalmente el programa ha identificado el desarrollo de algunos de los sistemas satélites a la plataforma central:

- Inversión Pública
- Servicio Civil
- Administración de Bienes
- Compras y contratación pública

El documento Análisis costo-beneficio realiza una evaluación en pos de la justificación de la implementación de una nueva plataforma, producto de la falta de cobertura, obsolescencia tecnológica y la funcionalidad acotada de la plataforma actual, la cual no permite realizar el circuito de gestión financiera en forma adecuada. La justificación de la implementación de una nueva plataforma se sustenta en:

- i. disminución de costos por pago electrónicos a los empleados del gobierno central;

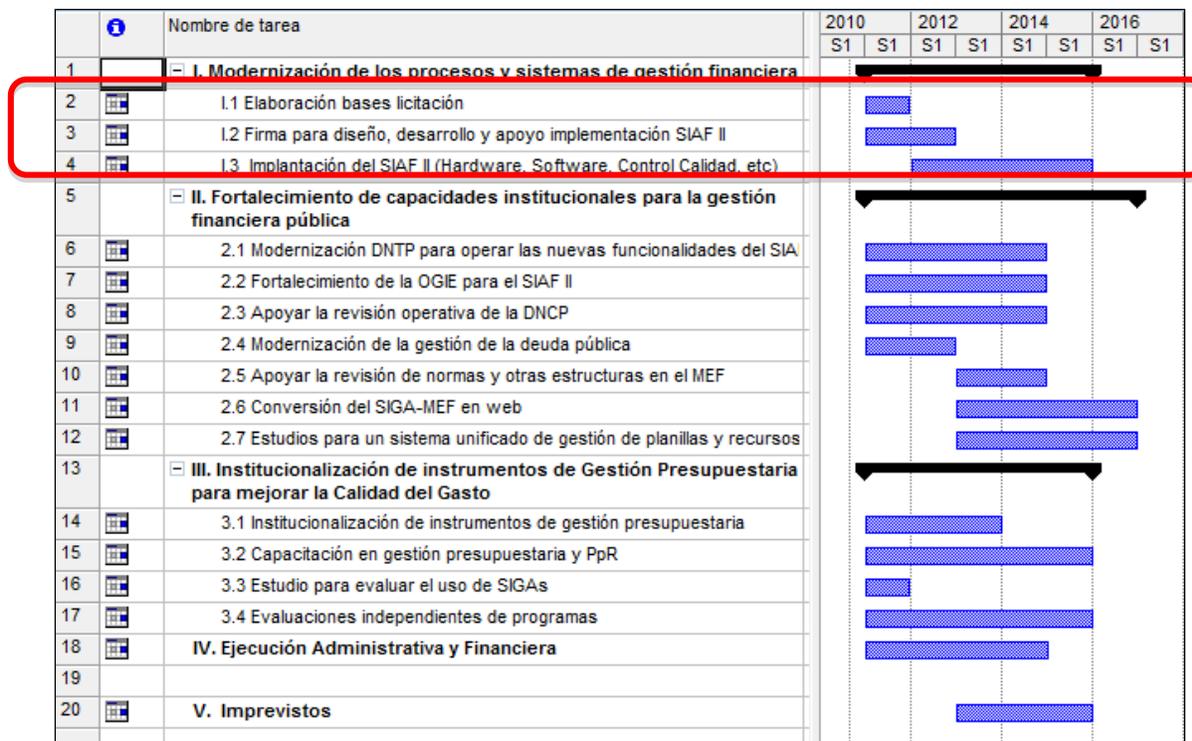
- ii. disminución de costos por pagos electrónicos a los suplidores de las instituciones del gobierno central; y
- iii. disminución de costo en el pago de comisión de compromiso por los préstamos que recibe el país al tener una mayor previsibilidad en términos de programación de la inversión pública.

Los costos del proyecto están estimados en un monto de 22.4 millones de dólares en un horizonte de 5 años. De los documentos a los cuales se tuvo acceso, no se especifica la forma de llegar a dicha cifra, ni su segmentación en términos de cada componente tecnológica.

## Perú

El proyecto de Perú está definido como un desarrollo a la medida, para ello se ha definido un horizonte de diseño y desarrollo de software de 4 semestres, para luego proceder a un proceso de implantación de 3 años.

Ilustración 18: Programa de Desarrollo SIAF - Perú



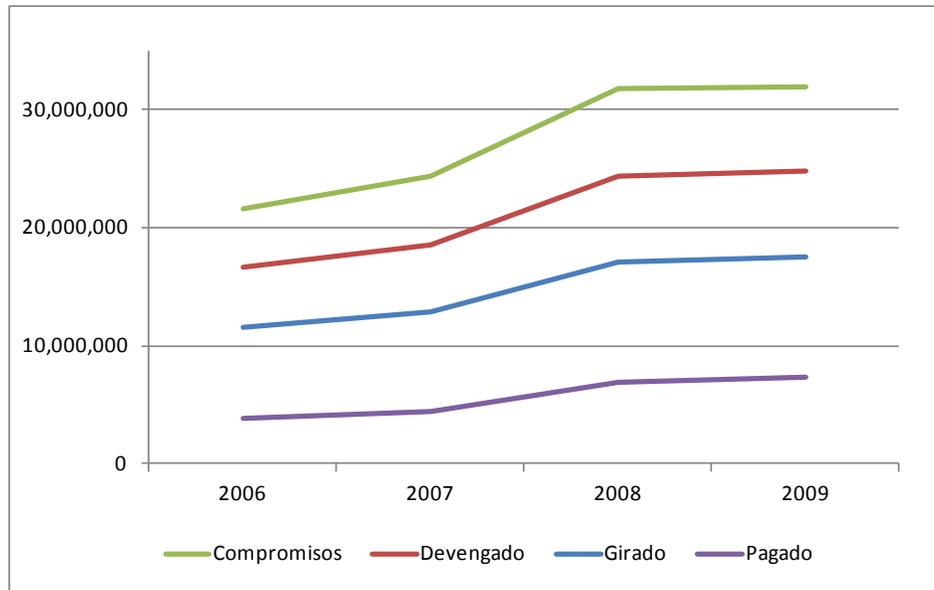
Fuente: Modernización del Sistema de Administración Financiera Pública para mejorar la programación, ejecución, rendición de cuentas de los Recursos Públicos, Perú

La plataforma será desarrollada utilizando una arquitectura orientada a servicios del tipo SOA<sup>43</sup>.

El volumen transaccional identificado respecto de las fases del gasto es de aproximadamente 32 millones de transacciones anuales.

<sup>43</sup> Service Oriented Architecture

Ilustración 19: Volumen Transaccional - Perú



*Fuente: Modernización del Sistema de Administración Financiera Pública para mejorar la programación, ejecución, rendición de cuentas de los Recursos Públicos, Perú*

Los módulos contemplados en el proyecto SIAF de Perú corresponden a:

- Procesos presupuestarios
- Formulación presupuestal
- Administrativos
- Contabilidad
- Deuda

Los costos de diseño y desarrollo del SIAF son de 8 millones de dólares, para lo cual el gobierno peruano se encuentra en un proceso de licitación internacional. Para esta actividad se tiene previsto que la firma consultora le tomará 24 meses, y para esto necesitara de 84 personas los cuales son en su mayoría está compuesto por consultores individuales Internacionales, cuyos honorarios estarían fluctuando en el rango de 1.500 a 12.000 dólares por mes. El resumen de la estimación de costos para Perú es:

Tabla 19: Costos proyecto SIAF - Perú

| <b>Actividades</b>   | <b>Costos (US\$)</b> |
|--|----------------------|
| Modernización de los procesos y sistemas de gestión financiera pública                           | 14,678,134           |
| Fortalecimientos de capacidades institucionales para la gestión financiera pública               | 2,810,000            |
| Institucionalización de Instrumentos de gestión presupuestaria para mejorar la calidad del gasto | 2,795,000            |
| Ejecución administrativa y financiera  | 900,000              |
| Imprevistos  | 500,000              |
| <b>Costo Inversión</b>   | <b>21,683,134</b>    |
|  |                      |
| Gestión del Proyecto   | 5,040,000            |
| Monitoreo  | 4,200,000            |
| <b>Costos de Operación y Mantenimiento</b>   | <b>9,240,000</b>     |

*Fuente: Modernización del Sistema de Administración Financiera Pública para mejorar la programación, ejecución, rendición de cuentas de los Recursos Públicos, Perú*

## Chile

El Gobierno de Chile hoy cuenta con un SIAF, denominad Sistema Integrado de Gestión Financiera del Estado - SIGFE, cuyo proceso de desarrollo se inició en 2002, con una operación de préstamo del Banco Mundial por US\$ MM 23.2. El estado actual de la plataforma se puede resumir en:

- El SIGFE está operativo en 349 de las 391 entidades del gobierno central equivalente a un 90% de cobertura del gobierno central.
- Aproximadamente 7.000 usuarios activos del sistema, quienes, en un día típico, lo utilizan para realizar más de 80.000 transacciones.
- A nivel sectorial, la información sobre ejecución del presupuesto está disponible en Internet en tiempo real.
- La información agregada en todas las categorías sobre ejecución de presupuesto es accesible para el Congreso y el público con un desfase de 30 días.
- La información agregada del SIGFE está siendo usada crecientemente no sólo para respaldar los requerimientos de presentación de informes, sino también para la toma de decisiones en varios organismos gubernamentales, incluyendo el Ministerio de Hacienda, sectores ministeriales y otros organismos de gobierno.
- El proceso de implementación de SIGFE ha estimulado la coordinación entre organismos gubernamentales claves, especialmente la Dirección de Presupuesto y Contraloría General de la República<sup>44</sup>.
- Como parte del proceso de desarrollo del SIGFE, la operación consideró el desarrollo un Sistema de Información y Administración de Personal para el servicio público (Sistema de Información y Administración de Personal – SIAPER), residente en la Contraloría General de la República.
- El SIGFE se encuentra realizando intercambio de datos con el portal de compras públicas – Chilecompra<sup>45</sup> y el Sistema Nacional de Inversión Pública (Banco Integrado de Proyectos – BIP<sup>46</sup>).

---

<sup>44</sup> <http://www.contraloria.cl>

<sup>45</sup> <http://www.mercadopublico.cl>

<sup>46</sup> <http://bip.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/bip-trabajo/index.html>

El proyecto ha pasado a una segunda fase, para lo cual el estado de Chile ha solicitado una operación al Banco Mundial en la forma de Préstamo de Inversión Específica (PIE) - *Specific Investment Loan - SIL*- por la suma de US\$ 24,8 millones, para asistencia técnica durante el período 2008 – 2012. Los objetivos planteados por esta segunda fase son:

Objetivo Estratégico:

Mejorar (incrementar) la eficiencia de las operaciones relacionadas con la administración financiera, formulación y ejecución del presupuesto, y la transparencia de la gestión del gasto público en los niveles central y municipal a través de la implementación de un sistema de administración financiera actualizado funcionalmente mejorado y expandido (ampliado) (SIGFE). Para ello se han planteado las siguientes metas

- i. Mejorar la Eficiencia de la Administración Financiera Pública: tiempo requerido para la agregación de los datos financieros del Gobierno Central será reducido de 30 a 8 días.
- ii. Aumentar la Eficiencia de las Operaciones relacionadas con la Formulación y Ejecución Presupuestaria: Tiempo requerido para actualizar en el SIGFE (ejecución) con la información generada en el sistema SIAP (formulación y administración) será reducido de una semana a un día.
- iii. Mejorar la Eficiencia de la Ejecución Presupuestaria: la capacidad de procesamiento del módulo SIGFE transaccional se incrementará desde 95.000 hasta 200.000 transacciones financieras diarias, con un tiempo de respuesta de 8 segundos por transacción medido en el portal (en boca de servidor).
- iv. Mejorar la Eficiencia de la gestión de las operaciones Financieras y Mejorar la Eficacia del Control Fiscal: reducción del tiempo de procesamiento de las transacciones por parte de las entidades del Gobierno Central de modo que el tiempo en que la información esté disponible en SIGFE, será reducido desde los 20 días a menos de 3 días.
- v. Incrementar la transparencia de la Información Financiera Municipal: La información financiera y los gastos de al menos 100 municipalidades esté disponible en el Sistema de Información Financiera Municipal, el cual pueda agregar la información financiera de todas las municipalidades (actualmente 345).
- vi. Incrementar la Eficiencia del Monitoreo de las Finanzas Municipales: información financiera agregada de las municipalidades esté disponible a nivel central dentro de 30 días en vez de los actuales 180 días.
- vii. Incrementar la Eficacia de los Indicadores del Ciclo Presupuestario: Todo el monitoreo de los indicadores (del Sistema de Control de Gestión) estará alineado con los indicadores financieros e integrados en la formulación y ejecución presupuestaria. Esta

nueva metodología será adoptada por la totalidad de los Ministerios cubiertos por el SCG y serán integrados en el Presupuesto 2011.

En esta segunda parte se optó por continuar con un enfoque de desarrollo a la medida, lo cual fue avalado por el análisis de cobertura funcional que se realizó y que no arrojó resultados positivos, como se pudo apreciar.

El modelo de desarrollo se modificó hacia una externalización más profunda, ya que, en la primera fase la Dirección de Presupuesto estableció una factoría de software, llegando a tener una dotación considerable de personal informático al interior de la institución. En esta segunda etapa se procedió a externalizar el proceso de desarrollo a través de una consultoría de desarrollo que fue adjudicada por la empresa Everis<sup>47</sup>, por un monto aproximado de US\$ MM 17.

Esta segunda fase se definió con las siguientes componentes:

1. Componente 1 - Actualización y extensión del Sistema de Información Financiera (SIGFE) a todas las entidades del Gobierno Central
2. Componente 2 - Mejoras en el Proceso (los procedimientos) Presupuestario y del Sistema de Control de Gestión
3. Componente 3 - Fortalecimiento de la Administración Financiera en el nivel Municipal
4. Componente 4 - Administración del Proyecto.

La estimación de costos para cada componente se resume en la tabla siguiente:

Tabla 20: Costos Componentes

| Componente   | Total            | Banco Mundial    |             | Financiamiento Local |             |
|--------------|------------------|------------------|-------------|----------------------|-------------|
|              | Millones<br>US\$ | Millones<br>US\$ | %           | Millones<br>US\$     | %           |
| Componente 1 | 31,1             | 17,1             | 55,0 %      | 14,0                 | 45,0 %      |
| Componente 2 | 4,7              | 2,8              | 60,0 %      | 1,9                  | 40,0 %      |
| Componente 3 | 7,5              | 4,5              | 60,0 %      | 3,0                  | 40,0 %      |
| Componente 4 | 3,4              | 0,4              | 11,8 %      | 3,0                  | 88,2 %      |
| <b>Total</b> | <b>46,6</b>      | <b>24,8</b>      | <b>53,1</b> | <b>21,8</b>          | <b>46,9</b> |

Fuente: Documento de Evaluación Del Proyecto - Segundo Proyecto de gestión del Gasto Público

<sup>47</sup> <http://www.everis.com/chile/es-CL/inicio/Paginas/inicio.aspx>

## VIII. Conclusiones

Probablemente la conclusión que muchos esperan es que exista un derrotero único para resolver este tipo de proyectos, la primera decepción con la cual los voy a enfrentar es que a la pregunta:

*¿Desarrollo a la medida o producto comercial?*

La respuesta es depende. Como se pudo apreciar existe una gran cantidad de elementos que ayudan a configurar la respuesta, algunos de ellos son:

- **Cobertura y alcance:** como se analizó en capítulos anteriores los sistemas SIAF son de gran complejidad y sus requerimientos funcionales muy amplios, por lo que dependerá de las áreas que se quiera cubrir, la factibilidad de abordarlos con una solución llave en mano y de carácter genérico. Por otra parte el alcance, entendido como las áreas de gobierno que se quiere incluir en el proyecto, ya que los requerimientos funcionales, el esfuerzo logístico y de adopción varía según la esfera de gobierno que se trate. Desde un punto de vista del alcance en la medida que se quiera abarcar más áreas de los niveles del estado la complejidad (logística, soporte, adopción de usuarios) aumenta exponencialmente.
- **Mercado proveedor:** Un elemento fundamental a la hora de evaluar la mejor alternativa, ya que la profundidad y calidad del mercado de soluciones TI tiene impacto directo en los costos asociados. En algunos países de la región este mercado no es del todo competitivo, lo cual genera una presión al alza del costo de los proyectos. La arquitectura que se plantee debe estar acorde con el mercado proveedor y que no genere excesivos niveles de dependencia<sup>48</sup> ya que esto puede aumentar los costos futuros.
- **Experiencia en externalización:** Este tipo de proyectos son proyectos de gran envergadura y por lo tanto el modelo de externalización es fundamental a la hora de su diseño, ya que la gestión de una firma externa versus consultores individuales requiere de competencias diferentes y de esfuerzos de gestión diferentes. Un mal diseño del proceso de externalización y en particular del proceso de adquisición va a redundar en mayores costos del proyecto.

En todo caso el proceso de toma de decisión por un camino u otro debe sustentarse en datos objetivos, ya que ambas alternativas hoy son viables, el desarrollo de software cuenta con

---

<sup>48</sup> Se conoce también como *vendor lock in*

herramientas que le permiten dimensionar los proyectos en forma bastante precisa<sup>49</sup> y por otra parte los productos comerciales se ajustan cada vez más a los requerimientos funcionales del sector público.

Como lo demostró el estudio citado del Banco Mundial, la región es bastante más proclive a los desarrollos a la medida que otras regiones, como es el caso de Europa del este, pero tengo la impresión que esto se da por una falta de análisis de mayor profundidad de estas alternativas que de condiciones objetivas que hagan recomendable el uso del LDSW por sobre los modelos COTS.

Un proceso interesante de análisis es el seguido por Chile en su segunda fase de implementación, ya que se pasó de un esquema de desarrollo a la medida totalmente *in-house* a una externalización del desarrollo a través de una firma consultora. Hoy es todavía prematuro emitir un juicio más certero de este nuevo modelo, pero al menos se realizó una evaluación de las alternativas COTS y LDSW.

Algunos países de la región en particular en el área de Centroamérica están avanzando en proceso de evaluaciones de productos envasados, lo cual entregará una mayor claridad de este enfoque y de las capacidades del mercado proveedor a entregar soluciones que funcionalmente sean adecuadas.

Por lo pronto los países que se encuentran en su fase de evaluación del modelo deben avanzar identificando en forma más precisa a, algunas métricas funcionales y técnicas que permitan mejor dimensionar el proceso, nos referimos a:

- Cantidad de usuarios, idealmente tipificados por funcionalidad y acciones en cada módulo y etapa del proceso (consulta, modificación, otro),
- Volumen transaccional por tipo de transacción de negocios y periodicidad,
- Requerimientos de almacenamiento y *archiving*<sup>50</sup>,
- Cantidad de puntos de función y/o casos de uso de las funcionalidades necesarias, sean estas en caso de su desarrollo desde cero o bien de la brecha existente en el caso de un programa producto,

---

<sup>49</sup> Hoy se cuenta con modelos de estimación que a lo largo de los últimos años han sido puestos a prueba, en términos de su precisión y capacidad predictiva.

<sup>50</sup> En algunos países existen normas bastante estrictas respecto del tiempo de almacenamiento de registros contables y sus auxiliares, la cual se aplica para los registros electrónicos.

- Costos de infraestructura TI<sup>51</sup> en el país, tanto en términos de inversión como de sus costos de mantención por un periodo de 5 años

Un forma de abordar este proceso es estableciendo consultas al mercado en la modalidad RFI, que permitan levantar información del mercado proveedor.

En caso de no contar con estos antecedentes, es recomendable realizar algunos supuestos y así poder mejor estimar estos costos, en todo caso según los antecedentes aportados por diferentes fuentes podemos considerar que un proyecto SIAF, se trata de un proceso de desarrollo e implementación de 24 a 36 meses con un costo que fluctúa entre 8 y 20 millones de dólares, dependiendo de la cobertura y funcionalidad que se requiere para el sistema.

Por otra parte sería razonable que a partir de los antecedentes planteados en el presente *discussion paper* se realizara un levantamiento más específico y detallado de las métricas de los sistemas hoy en funcionamiento, ya que esos antecedentes pueden servir para un análisis de mayor profundidad al resto de los países. Idealmente contar con métricas de dimensionamiento por área funcional del sistema.

---

<sup>51</sup> Esto debe incluir todas las componentes de hardware, software básico y componentes de comunicaciones del sistema.

## IX. Bibliografía

- Financial Management Information Systems, Cem Dener – Joanna Alexandra Watkins - William Leslie Dorotinsky, World Bank, 2011
- Software Cost Estimation: SLO-based models en the Function Points model, Brad Touesnard, UNB, 2004
- Function Point Estimation Methods: A Comparative Overview, Roberto Meli, Luca Santillo
- Applied Software Measurement, Third Edition, Capers Jones, 2008
- Software Development Projects in Government, desarrollado por International Software Benchmarking Standards Group,
- Measuring Application Development Productivity, A. J. Albrecht, Proceedings of the Joint SHARE, GUIDE, and IBM Application Development Symposium, Monterey, California, 1979
- CMMI for Acquisition (CMMI-ACQ) Ptimer, Version 1.2, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon, 2008
- Public Sector Projects – Setup to Fail?, David Feeny, Oxford Institute of Information Management, Templeton College, University of Oxford, 2003
- Proyectos TIC en el Sector Público, Alejandro Barros, 1er Congreso Iberoamericano eGovernment, Santiago, 2006, [www.alejandrobarrros.com](http://www.alejandrobarrros.com)
- Government IT Projects, Parliament Office of Science and Technology, 2003, [www.parliament.uk/post](http://www.parliament.uk/post)
- The Total Cost of ERP Ownership in Small Companies, Aberdeen Group Inc, July 2007
- Improving ERP Cost Estimating, Wilson Rosa, David Cashin, Noel Bishop, Departamento de Defensa, USA
- Kavanagh S. C., Miranda R. A., 2005, Thecnologies for Government Transformation – ERP Systems and Beyond, Government Finance Officers Association
- Albrecht, 1979, Measuring Application Development Productivity, A. J. Albrecht, Proceedings of the Joint SHARE, GUIDE, and IBM Application Development Symposium, Monterey, California
- Cambio de Milenio, Un enfoque Metodológico, Alejandro Barros, 1998
- Múltiples escritos en el sitio web [www.alejandrobarrros.com](http://www.alejandrobarrros.com)

## X. Anexos

### Evaluación de Proyectos TIC – Parliamentary Office – UK

| <b>Pauta de Evaluación - Proyecto Tecnológicos</b>   |                                |   |
|--|--------------------------------|---|
| <i>Factores de Éxito</i>   | <i>Elementos</i>               | <i>Factores de Fracaso</i>  |
| Corta y realista<br>Dividida en fases<br>Flexible  | <b>Escala de Tiempo</b>        | Larga<br>Corta de forma poco realista   |
| Procesos sólidos<br>Compromiso mutuo<br>Decisiones rápidas   | <b>Aprobación y Aceptación</b> | Procesos no formales<br>Dilación<br>Falta de autoridad delegada                                   |
| Bien especificados<br>Criterios de aceptación claros<br>Bajo control de la administración del proyecto | <b>Requerimientos</b>          | Alto Nivel<br>Ambigüedad y fluidez<br>Abiertos a interpretación                                   |
| Flexible<br>Planes de contingencia en posición<br>Pago asociado a entregables                          | <b>Presupuesto</b>             | Fragmentario<br>Reducido<br>Sin planes de contingencia  |
| Personal capacitado disponible<br>Con experiencia y entrenamiento<br>Estructura de poca profundidad    | <b>Dirección de Proyectos</b>  | Competencias no disponibles<br>Sobrecargados o sin experiencia<br>Estructura demasiado jerárquica |
| Totalmente comprometido,<br>responsable<br>Atención a los detalles<br>Orientado al éxito               | <b>Actitud de Negocios</b>     | Falta de interés<br>Hostilidad ante malas noticias<br>“Se debe ganar” a cualquier costo           |
| Completos<br>Bien definidos<br>Métrica relevante   | <b>Objetivos</b>               | Incompletos<br>Vagos<br>Sin métrica   |
| Aplicado desde el inicio<br>Evaluación frecuente<br>Planes de contingencia                             | <b>Manejo de Riesgo</b>        | Ignorado<br>Intermitente<br>Sin planes de contingencia  |

| <b>Pauta de Evaluación - Proyecto Tecnológicos</b>  |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| <i><b>Factores de Éxito</b></i>   | <i><b>Elementos</b></i>          | <i><b>Factores de Fracaso</b></i>   |
| Firmemente aplicado<br>Bien documentado   | <b>Control de Cambio</b>         | Perdido<br>No documentado   |
| Cercana<br>Partnering<br>Buena comunicación   | <b>Relación con Proveedores</b>  | Adversa<br>Comunicación escasa  |
| Orientado al éxito<br>Estable<br>Calificado y con experiencia PM  | <b>Equipo de Proyecto</b>        | Orientado al procedimiento<br>Volátil<br>Administración difusa              |
| Cuidadosas<br>Criterios totalmente documentados<br>Pre y post integración<br>Participación del usuario                      | <b>Pruebas</b>                   | Incompletas<br>Sin benchmark<br>Sin participación de usuario                |
| Integrado en el equipo<br>Posee los requerimientos<br>Involucrado a lo largo del proyecto<br>Conoce estructura del proyecto | <b>Participación del Usuario</b> | No incluido en equipo de proyecto<br>Sólo involucrado después de la entrega |
| Planificado desde el inicio<br>Involucra a Usuarios<br>Con seguimiento  | <b>Entrenamiento</b>             | Al final del desarrollo<br>Realizado sólo por Proveedor<br>Incompleto       |
| Soluciones establecidas<br>Expectativas reales<br>No complejo   | <b>Tecnología</b>                | Conduce el proyecto<br>No madura  |
| Modular<br>Basado en software estándar  | <b>Diseño</b>                    | Monolítico y rígido<br>Implementación big-bang                              |

*Fuente: Parliamentary Office of Science and Technology*

**Productividad Desarrollo de Software - Sector Público**

| <b><i>Productividad – Horas por Puntos de Función</i></b> |          |            |               |            |             |              |
|---|----------|------------|---------------|------------|-------------|--------------|
|   | <b>n</b> | <b>P25</b> | <b>Median</b> | <b>P75</b> | <b>Mean</b> | <b>Stdev</b> |
| <b>Government projects</b>                                |          |            |               |            |             |              |
| All   | 153      | 4.2        | 9.7           | 17.3       | 13.7        | 14.6         |
| <b>Productivity by development type:</b>                  |          |            |               |            |             |              |
| Enhancement   | 56       | 3.1        | 6.6           | 12.1       | 9.9         | 9.9          |
| New Development   | 88       | 4.8        | 10.5          | 17.7       | 15.1        | 16.5         |
| Re-development  | 9        | 14.8       | 27.2          | 35.4       | 23.8        | 13.2         |
| <b>Productivity by intended market:</b>                   |          |            |               |            |             |              |
| In-house for internal unit                                | 68       | 3.7        | 7.1           | 14.9       | 14.0        | 17.6         |
| In-house for external unit                                | 50       | 9.1        | 12.0          | 17.7       | 15.0        | 10.3         |
| Outsourced for internal unit                              | 9        | 5.3        | 8.1           | 20.3       | 13.3        | 12.3         |
| External for external unit                                | 3        |            | 18.3          | 48.0       | 25.3        | 20.1         |
| <b>Productivity by application type:</b>                  |          |            |               |            |             |              |
| Transaction/Production                                    | 47       | 5.9        | 10.9          | 18.1       | 16.8        | 18.6         |
| MIS   | 35       | 4.8        | 8.0           | 27.2       | 11.5        | 11.0         |
| <b>Productivity by language type:</b>                     |          |            |               |            |             |              |
| 3GL   | 72       | 9.1        | 13.3          | 24.8       | 18.3        | 16.1         |
| 4GL   | 75       | 2.7        | 5.2           | 10.5       | 8.7         | 9.7          |
| ApG   | 4        | 2.5        | 17.8          | 72.0       | 27.5        | 30.5         |
| <b>Productivity by development platform:</b>              |          |            |               |            |             |              |
| MF  | 103      | 5.4        | 11.3          | 18.5       | 16.1        | 16.0         |
| MR  | 20       | 3.1        | 6.1           | 10.9       | 8.4         | 8.6          |
| PC  | 26       | 2.4        | 5.3           | 9.7        | 8.7         | 10.4         |
| <b>Productivity by primary language:</b>                  |          |            |               |            |             |              |
| COBOL   | 61       | 9.1        | 13.4          | 24.8       | 18.6        | 16.4         |
| NATURAL   | 26       | 2.4        | 4.1           | 10.1       | 6.3         | 5.6          |
| Other 4 GL  | 15       | 4.1        | 12.1          | 35.4       | 18.0        | 16.3         |
| <b>Productivity by CASE tool:</b>                         |          |            |               |            |             |              |
| Upper CASE Used   | 20       | 6.1        | 8.2           | 14.2       | 10.8        | 10.8         |
| Lower CASE with code generation                           | 57       | 8.8        | 12.1          | 18.1       | 17.8        | 17.6         |
| Lower CASE no code generation                             | 1        |            | 2.2           |            | 2.2         | 0.0          |
| Integrated CASE Used                                      | 6        | 5.3        | 6.9           | 8.5        | 7.1         | 2.5          |

|  |    |     |      |      |      |      |
|--|----|-----|------|------|------|------|
| Productivity by development technique: |    |     |      |      |      |      |
| Data Modeling                          | 85 | 5.9 | 11.1 | 18.0 | 16.4 | 16.5 |
| Joint Application Development          | 29 | 4.5 | 9.7  | 20.3 | 18.0 | 21.8 |
| Multifunctional Teams                  | 23 | 2.4 | 6.5  | 20.3 | 15.8 | 22.5 |
| Process Modeling                       | 77 | 5.8 | 10.6 | 17.1 | 15.3 | 16.3 |
| Prototyping                            | 20 | 4.4 | 8.0  | 16.7 | 14.8 | 21.8 |