

MEJORA DE LA CALIDAD DEL PROCESO A TRAVÉS DE INFOCAS: UN ESTUDIO DE CASO

TERESITA ROJAS, MARÍA PÉREZ, ANNA GRIMÁN, Y LUIS MENDOZA

Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI), Departamento de Procesos y Sistemas,
Universidad Simón Bolívar, Caracas 1080-A, Apartado 89000.

Email: {trojas; movalles; agriman; lmendoza}@usb.ve

Recibido: julio de 2004

Recibido en forma final revisado: diciembre de 2006

RESUMEN

Cuando se trata de especificar o evaluar la calidad del software, algunos modelos se centran sólo en el proceso mientras que otros se centran únicamente en el producto. Sin embargo, ambas calidades están íntimamente relacionadas y esto se encuentra evidenciado por el concepto de Calidad Global Sistémica, el cual sugiere un equilibrio entre ambas calidades (proceso y producto). El Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información de la Universidad Simón Bolívar (LISI) ha desarrollado un Modelo de Calidad del Proceso y otro de Calidad del Producto, basados en la Calidad Global Sistémica de Callaos; sin embargo, para conseguir el equilibrio deseado es necesario integrarlos de manera formal. Esta investigación tiene por objetivo proponer un modelo de Integración Formal de los modelos de Calidad de proceso y de producto con enfoque Sistémico (INFOCAS), el cual fue diseñado para guiar a las organizaciones desarrolladoras de software en la mejora del nivel de calidad sistémica indicando los cambios que deben ser implementados para alcanzar el nivel de calidad al que se aspira. El proceso de implementación que plantea INFOCAS permite obtener una síntesis con las orientaciones y cambios necesarios que conforman la guía de acción para mejorar el nivel de calidad sistémica del proyecto evaluado. INFOCAS se aplicó a una organización financiera venezolana.

Palabras clave: Calidad de Software, Calidad Sistémica, Integración de modelos, Modelo dinámico, INFOCAS.

PROCESS QUALITY IMPROVEMENT USING INFOCAS: A CASE STUDY

ABSTRACT

To specify or evaluate software quality, some models focus only on the process, while others focus only on the product. Nevertheless, both qualities are closely related, as shown by the systemic global quality concept, which suggests a balance between both (process and product). The Information Systems Research Laboratory – LISI, at Universidad Simón Bolívar, has developed a Process Quality Model and a Product Quality Model based on Callaos' Systemic Global Quality; however, in order to obtain the desired balance, they must be formally integrated. The purpose of this research is to propose a Formal Integration model of the Process and Product Quality Models, with a Systemic approach (INFOCAS). INFOCAS was designed to guide software development organizations in the improvement of the systemic quality level, by pointing out changes that need to be implemented to achieve the desired quality level. After following the steps for INFOCAS, it is possible to obtain a synthesis with the guidelines and changes required. INFOCAS was implemented in a Venezuelan financial organization.

Keywords: Software Quality, Systemic Quality, Model Integration, Dynamic Model, INFOCAS.

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones son dinámicas, se plantean retos continuos que ponen a prueba sus capacidades. Uno de estos retos es proporcionar a los clientes la mejor relación calidad-precio para ser competitivas; sin embargo, el aseguramiento de la calidad implica un costo adicional en la cadena de producción, que debe ser balanceado con mejores procesos que apunten a la eficiencia.

Existen diversos enfoques para el aseguramiento de la calidad, los cuales a través de técnicas y metodologías, prometen alcanzar los objetivos esperados (Clements, 2000; Sommerville, 2001). La implementación de estos enfoques, en muchos casos, no consigue un equilibrio entre la efectividad y la eficiencia organizacional.

Las organizaciones que desarrollan software en Venezuela no escapan a esta realidad, necesitando aumentar su relación

calidad-precio a los clientes, en un mercado cada vez más globalizado. El enfoque de Calidad Sistemica permite equilibrar la efectividad y eficiencia del proceso de desarrollo y del producto de los sistemas de software. Para lograr ese equilibrio es necesario que las calidades del proceso y del producto estén integradas.

Se propone INFOCAS (Modelo de Integración Formal de los Modelos de Calidad), como un modelo que integra y establece la relación entre las métricas del modelo de calidad de proceso y las métricas del modelo de calidad del producto. Se propone una integración de los aspectos relacionados con la calidad del proceso y del producto basada en el concepto «proyecto». Así el modelo INFOCAS da una perspectiva ligeramente diferente para interpretar las métricas y lo complementa pues luego de la evaluación de la calidad con MOSCA (Modelo de Calidad Sistemica). INFOCAS ayuda a predecir los pasos a seguir para mejorar el valor de la calidad sistemica obtenido, evaluando su impacto en términos de tiempo y costo, a través de un modelo dinámico para un proyecto dado.

Los modelos de calidad del producto y del proceso, que conforman el Modelo de Calidad Sistemica MOSCA, han sido desarrollados por el Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI) de la Universidad Simón Bolívar (LISI, 2004; Ortega *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2001). La ventaja de INFOCAS con respecto a MOSCA es que INFOCAS complementa a MOSCA, ya que luego de la evaluación de la calidad con MOSCA, INFOCAS ayuda a predecir los pasos a seguir para mejorar el valor de la calidad sistemica obtenido.

Las características más resaltantes de INFOCAS son: (1) logra establecer las relaciones entre las métricas del proceso y las métricas del producto, (2) permite ofrecer un conjunto de recomendaciones para mejorar la calidad sistemica de un proyecto de software en la organización y (3) logra evaluar el impacto del proyecto en términos de tiempo y costo, a través de un modelo dinámico.

Se describirán brevemente los modelos MOSCA e INFOCAS. Los pasos para la aplicación de INFOCAS y su modelo dinámico, su aplicación a un estudio de caso y algunas conclusiones.

MODELO SISTÉMICO DE CALIDAD - MOSCA

El proceso de construcción de un modelo es iterativo e incremental. Tomando en cuenta la calidad del producto y la calidad del proceso, se desarrolló el Modelo Sistemico de

Calidad de software (MOSCA), por el LISI-USB (Mendoza *et al.* 2005), que integra el modelo de calidad del producto (Ortega *et al.* 2003) y el modelo de calidad del proceso de desarrollo (Pérez *et al.* 2004), y está soportado por los conceptos de Calidad Sistemica (Callaos y Callaos, 1996).

A pesar de que el objetivo de este trabajo no es estudiar en detalle MOSCA, se hace necesario dar una breve explicación de este modelo de calidad y de su relación con INFOCAS, ya que éste requiere aplicar MOSCA como paso previo. El Modelo Sistemico de Calidad (MOSCA), se denomina de esa manera porque es capaz de estimar la calidad sistemica en el desarrollo de software dentro de una organización. Para esto, el modelo estima tanto la calidad del producto de software como la calidad del proceso de desarrollo del mismo tomando en cuenta la matriz global de la calidad sistemica (Mendoza *et al.* 2001).

Para poder formular MOSCA, se debieron realizar diferentes actividades; en primer lugar se presenta la resolución de los conflictos semánticos y estructurales que surgieron por la integración de los modelos de calidad del producto y del proceso. Seguidamente, se identificaron las características del proceso que impactan directamente en la calidad del producto de software. Finalmente se elaboró el algoritmo de evaluación del Modelo Sistemico de Calidad.

En la figura 1 se muestra la estructura en su primera versión. En ésta se observan sus dos perspectivas: Producto y/o Proceso. De acuerdo con los objetivos previstos en la evaluación de MOSCA se puede tomar la perspectiva del producto, la del proceso, o ambas inclusive. La primera de estas perspectivas, se utiliza para evaluar sistemas de software ya elaborados, mientras que la segunda se emplea cuando además, se requiere evaluar el proceso de su desarrollo.

A continuación se explican los niveles que conforman MOSCA en su primera versión:

Nivel 0: Dimensiones. Las cuatro dimensiones propuestas por MOSCA son: Aspectos Internos y Contextuales del Proceso, Aspectos Internos y Contextuales del Producto. Los aspectos internos y contextuales, están asociados a la eficiencia y a la efectividad, respectivamente.

Nivel 1: Categorías. Este nivel contempla 11 categorías. Seis categorías pertenecen al Producto: Funcionalidad (FUN), Fiabilidad (FIA), Usabilidad (USA), Eficiencia (EFI), Mantenibilidad (MAN) y Portabilidad (POR). Las 5

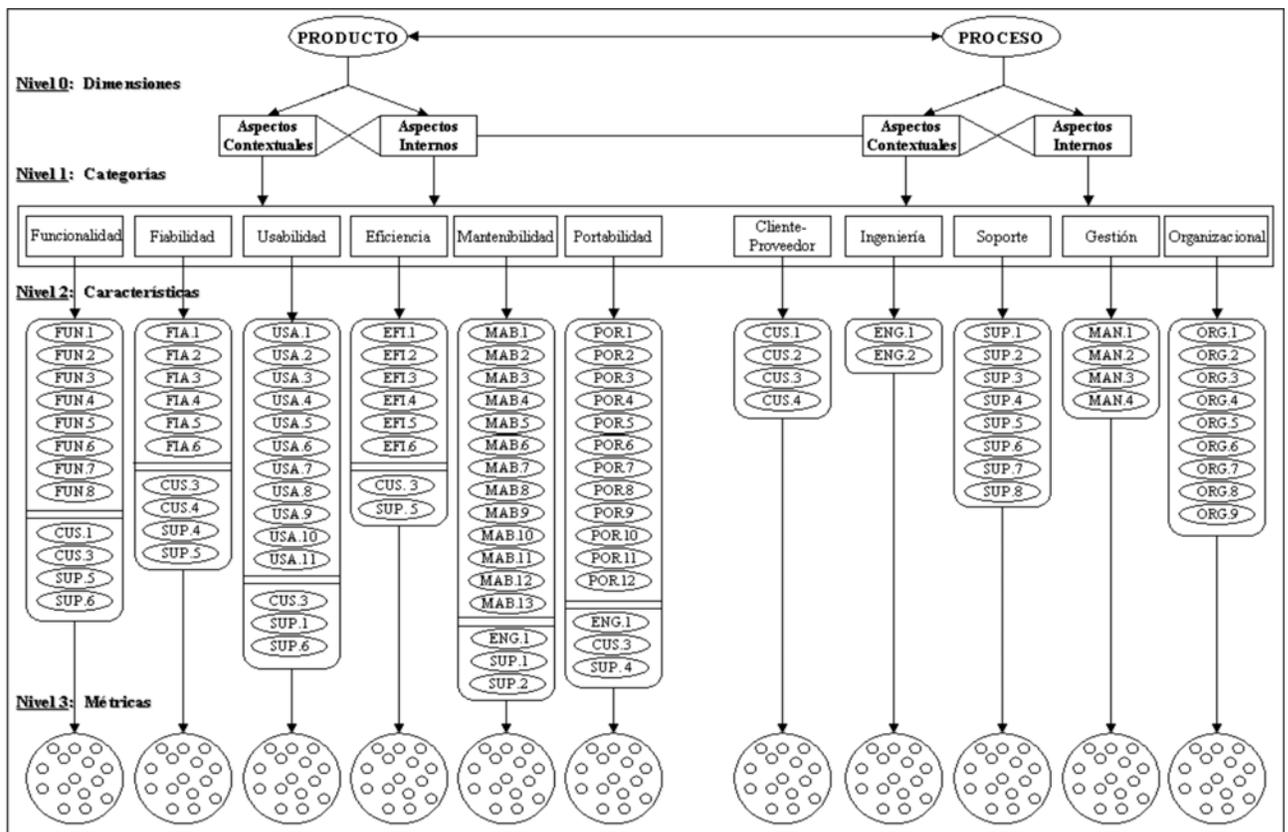


Figura 1. Diagrama del Modelo Sistemico de Calidad – MOSCA (Mendoza *et al.*, 2001).

categorías que pertenecen al Proceso de desarrollo son Cliente –Proveedor (CUS), Ingeniería (ENG), Soporte (SUP), Gestión (MAN) y Organizacional (ORG).

Nivel 2: Características. Cada categoría tiene asociado un conjunto de características, las cuales definen las áreas claves que se deben satisfacer, para lograr asegurar y controlar la calidad del producto y del proceso. Entre las características asociadas a cada categoría del producto, aparecen, en MOSCA, una serie de características del proceso. Esto se debe a que algunas características de la calidad del proceso, impactan directamente en las categorías del producto.

En el caso de la calidad del producto, si el resultado de la medición de las características asociadas a una categoría en particular, resulta ser defectuoso, entonces, se deben analizar las características de la calidad del proceso asociadas a esa categoría del producto para encontrar las causas del problema. Si las características del proceso asociadas a dicha categoría del producto se cumplieron correctamente, ocasionará entonces que el resultado de la medición de la misma mejore significativamente.

Nivel 3: Métricas. Cada característica posee una serie de métricas que están relacionadas con las cualidades que se desean evaluar del producto de software. Dichas métricas permiten evaluar la calidad del producto.

MOSCA consta de un total de 587 métricas y cuenta con un algoritmo para medir la calidad sistémica, el cual contempla tres (3) fases como se aprecia en la figura 2.

Cabe acotar que, según el método propuesto para aplicar el modelo de calidad en su Perspectiva Producto, no todas las características y métricas tienen que ser usadas, sino que el modelo debe ser adaptado dependiendo de las características que se desean del producto, en virtud del dominio de aplicación del software. El modelo arroja un nivel de Calidad que puede variar entre Nulo, Básico, Intermedio y Avanzado. Un nivel de calidad Nulo describe una empresa cuyo producto de software no cumple con los requerimientos funcionales o su proceso de desarrollo no cumple con los requerimientos básicos. En contraposición, el nivel de calidad avanzado describe una empresa cuyo producto de software y proceso de desarrollo son excelentes (Mendoza *et al.*, 2001).

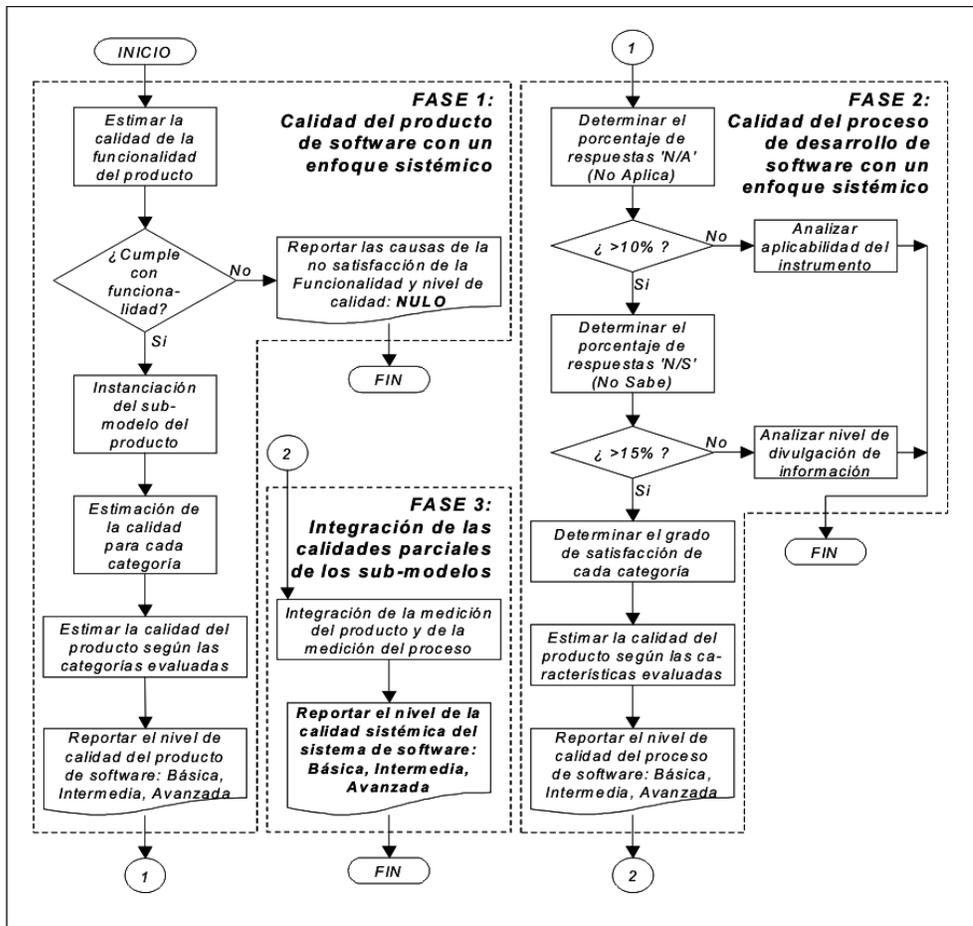


Figura 2. Algoritmo de Aplicación de MOSCA. (Mendoza *et al.* 2001).

De esta manera, al caracterizar las relaciones entre las categorías de ambos sub-modelos, MOSCA presenta un balance sistémico entre sus dimensiones. Sin embargo, este modelo no establece relaciones al nivel más bajo, lo cual no le permite dar orientaciones más precisas acerca de los cambios a realizar en la organización para alcanzar un nivel de calidad deseado. Esto se logra a través de una integración formal a bajo nivel; es decir, a nivel operacional, detallado no abstracto, a través de las métricas.

INTEGRACIÓN FORMAL DE LOS MODELOS DE CALIDAD SISTÉMICA (INFOCAS)

Durante el proceso de integración, las relaciones a establecer deben reflejar la visión sistémica del modelo, al permitir crear lazos de retroalimentación positiva y negativa entre las entradas/salidas de un modelo con las entradas/salidas del otro (Callaos y Callaos, 1996; Taylor, 2000). Para verificar esto se parte del conjunto de métricas de MOSCA (Mendoza *et al.* 2001), las cuales se encuentran relacionadas con métricas del modelo de proceso (Mendoza *et al.* 2002). De estas relaciones se evidencia que:

- Cada métrica del proceso afecta a una o a muchas métricas, ya que en la medida que se cumple la métrica del proceso, el valor de las métricas a las que afecta es mayor.
- El valor de una métrica del producto está afectado por el cumplimiento de las métricas del proceso asociadas a ella.
- Se observan diversos tipos de relaciones entre las métricas y la métrica del proceso:

Directa: la métrica del proceso puede garantizar el valor de la métrica del producto.

Indirecta: la métrica del proceso puede garantizar parcialmente el valor de la métrica del producto.

Se confirman las relaciones de impacto de las características del modelo de proceso sobre ciertas categorías del modelo de producto propuestas originalmente por MOSCA y a su vez se identificaron relaciones adicionales, las cuales se muestran en la figura 3.

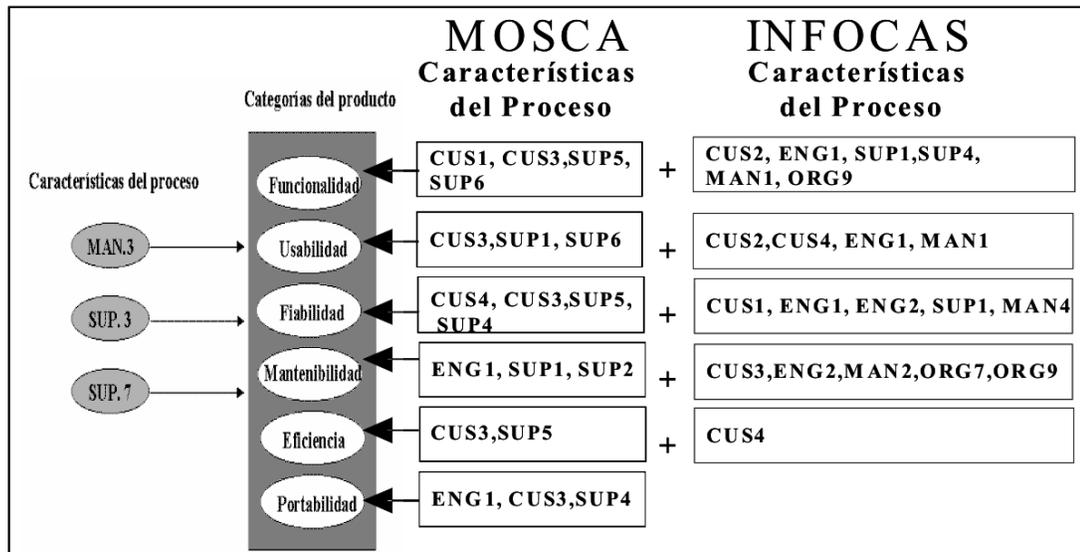


Figura 3. Características del proceso que influyen en las categorías del producto.
Adaptado de (Mendoza *et al.* 2001).

- Las características del modelo de producto se relacionan con el modelo de proceso con diferente peso según el número de relaciones que existen entre las métricas de cada característica del producto y las métricas del proceso de las características del proceso.
- Se confirma que la funcionalidad es una de las características más importantes del modelo de calidad de producto, por la cantidad de relaciones encontradas entre las métricas del proceso y las métricas del producto.

Por otra parte, en la figura 4 se tiene que el proyecto contiene al proceso y al producto (Yourdon, 1999); esto implica que sus entradas y salidas influyen directamente en ellos

formando parte de las entradas y salidas de sus modelos de calidad. De esta manera, se puede considerar este proyecto como el sistema que define el contexto de los modelos de calidad de proceso y producto, respectivamente. Concepto, este que no es tomado en cuenta explícitamente en MOSCA. Por lo tanto, la aplicación de INFOCAS permitirá identificar las áreas críticas a mejorar para alcanzar el nivel de la calidad sistémica deseado para el proyecto de software.

La mejora de la calidad está enmarcada en el proceso de desarrollo que se siguió en el proyecto, pero que dado que el mismo está inmerso en la organización desarrolladora, la mejora se verá en la organización y en los próximos proyectos de desarrollo de sistemas.

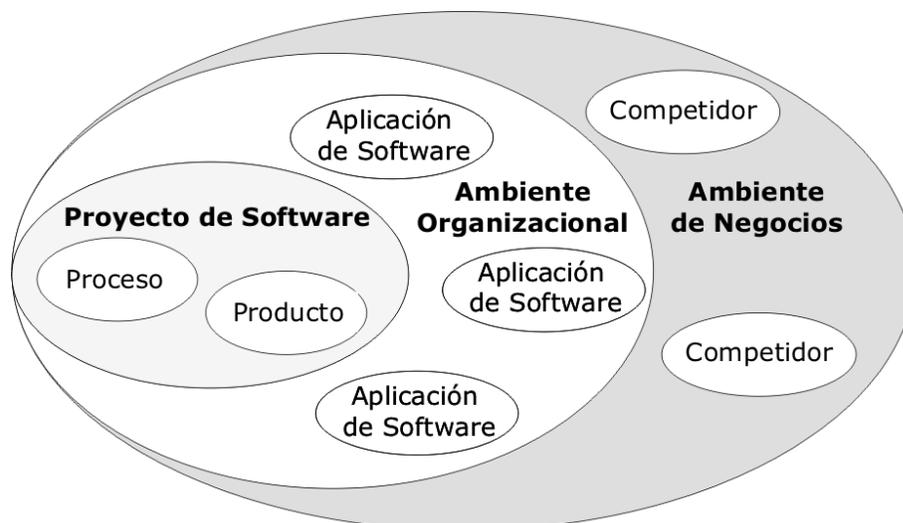


Figura 4. Alcances del proyecto de software. (Yourdon, 1999).

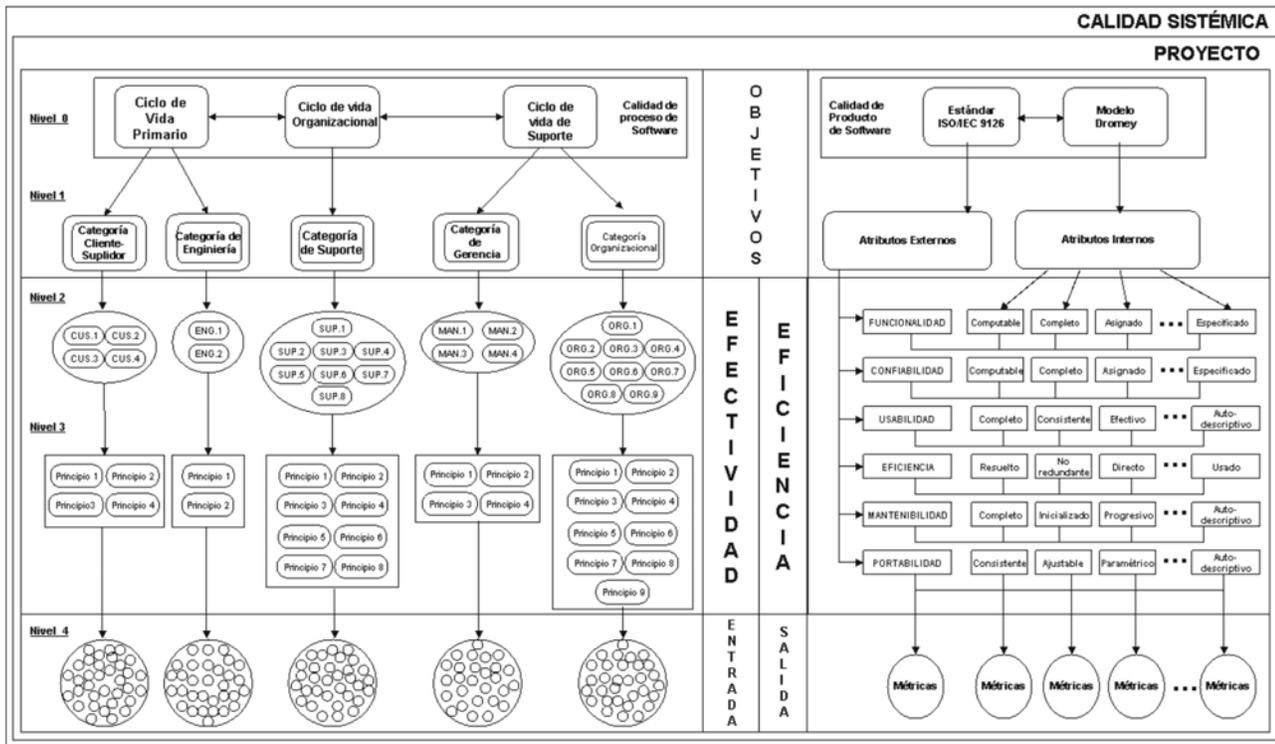


Figura 5. Modelo propuesto de Integración de la Calidad Sistémica, INFOCAS (Mendoza et al. 2001).

Una vez descritas las diferentes áreas de integración y el papel del proyecto en cada una, la figura 5 muestra una propuesta del modelo resultante de la integración del Modelo de Proceso y el Modelo de Producto a través de conceptos compartidos.

En este gráfico se puede observar en primer lugar a la calidad sistémica instanciada a través del proyecto, donde ambos conforman el contexto del modelo integrado. Como parte del proyecto están el modelo de Proceso (izquierda), el modelo de Producto (derecha) y las áreas de integración: objetivos, aspectos contextuales—aspectos internos y entradas-salidas. Estas áreas son comunes a ambos modelos y contiene las relaciones entre ellos:

El principal aporte de este modelo es que establece relaciones a nivel de métricas entre los modelos parciales, permitiendo de esta manera orientar en los cambios necesarios para mejorar cualquier nivel de calidad que se obtenga. Esto puede observarse al establecer los pasos a seguir para aplicar el modelo INFOCAS en un proyecto determinado. El flujograma de la figura 6, indica la secuencia de acción a seguir para poder precisar las orientaciones con base a INFOCAS.

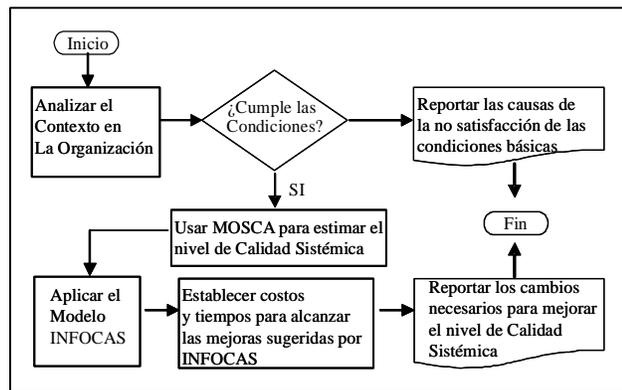


Figura 6. Flujograma para la aplicación del modelo INFOCAS.

Analizar el contexto en la organización

En primer lugar, para seleccionar una organización, ésta debió llevar a cabo un proyecto que ameritara ser evaluado; es decir, que el producto resultante tuviese un tiempo considerable en uso, que existiera la facilidad de acceso y posibilidad de evaluar las diferentes etapas del proceso de desarrollo del sistema.

A continuación se describen los elementos del proyecto necesarios para aplicar INFOCAS:

- **Requerimientos generales:** se refiere a la misión y al alcance del proyecto, los cuales ayudan a estructurar los objetivos específicos.
- **Requerimientos de calidad:** los cuales permiten establecer los aspectos de calidad que deben ser tomados en cuenta en los objetivos. Se asume que la funcionalidad es una característica de calidad indispensable en la organización donde se quiera aplicar el modelo INFOCAS.
- **Tiempo:** se refiere a el tiempo necesario para llevar adelante el proyecto de desarrollo el cual debe ser medio-alto.
- **Presupuesto:** limitación financiera del proyecto de desarrollo.
- **Costos:** monto estimado de gasto, en el cual se piensa incurrir para llevar a cabo el proyecto.
- **Personas:** recurso humano con el que se cuenta para cumplir los objetivos del proyecto de desarrollo de software. Se asume que en la organización donde se quiera aplicar el modelo INFOCAS deben estar definidos los roles: Líder del Proyecto, Desarrollador y Usuario.
- **Acuerdos de efectividad y eficiencia:** deben existir acuerdos de efectividad y eficiencia para que el proyecto de desarrollo de software haga uso eficiente de sus recursos sin dejar de lado los objetivos.
- **Paradigma de ingeniería de software:** la organización debe seguir un paradigma de ingeniería de software determinado.
- **Flujos de trabajo:** la organización debe poseer flujos de trabajo definidos en los procesos.
- **Ambiente:** la organización debe contar con el ambiente apropiado para el desarrollo de software.
- **Cultura organizacional:** como parte de los valores de la cultura organizacional debe estar presente la calidad.

Si la organización no cumple algunos de estos requisitos, es recomendable mejorarlos antes de aplicar el modelo INFOCAS.

Estimar el Nivel de Calidad Sistémica a través de MOSCA

Con la aplicación del algoritmo propuesto por MOSCA (Mendoza *et al.* 2005), se obtiene el nivel actual de la calidad sistémica en la organización.

Mejorar el Nivel de Calidad Sistémica a través del INFOCAS

En este punto se aplica el modelo INFOCAS con el objetivo de mejorar el nivel actual de la calidad sistémica, buscando indicar los cambios que se deben implementar para alcanzar el siguiente nivel en la escala de calidad establecida por MOSCA.

Para ello se apoya en un conjunto de preguntas y en un modelo de *simulación dinámica* el cual le permite, partiendo del estado actual de la calidad sistémica (a través de MOSCA) y de las relaciones reveladas por las áreas de integración, determinar el tiempo y el esfuerzo que dichos cambios requieren.

A fin de establecer los cambios necesarios para mejorar el nivel actual de la calidad sistémica, se propone responder las siguientes preguntas:

¿Cuáles categorías del producto faltan por estar altamente satisfechas para alcanzar el siguiente nivel de calidad? Para esto se debe verificar cuáles son las categorías que deben estar satisfechas según MOSCA para alcanzar el siguiente nivel de calidad y cuáles son las satisfechas actualmente en la organización.

Para c/u de las categorías no satisfechas del producto, ¿Cuáles características faltan por estar altamente satisfechas? Se obtiene el mínimo requerido para la categoría según MOSCA, se determina el número de características satisfechas en la organización para saber cuántas faltan por satisfacerse. Luego se listan las características no satisfechas en la categoría con su valor actual y el número de métricas del proceso afectadas. Se deben seleccionar para ser analizadas aquellas que posean un mayor número de métricas del proceso asociadas ya que a mayor número de métricas del proceso, es más factible mejorar su desempeño.

Para c/u de las características seleccionadas, ¿Cuáles métricas faltan por estar altamente satisfechas y tener el 75% ≥ 4 y cuáles de ellas son las candidatas para mejorar su valor? Se debe conocer el número de métricas que faltan por mejorar, se listan las métricas no satisfechas detallando

para c/u el valor actual, el valor promedio de las métricas del proceso asociadas, la cantidad de métricas del proceso asociadas y la factibilidad de mejorar esta métrica. Este análisis de factibilidad se hace para cada métrica no satisfecha, y se toma en cuenta: Potencial de crecimiento y la(s) métrica(s) del proceso asociada (si es posible). El potencial de crecimiento de la métrica tiene que ver con la relación que existe entre el valor actual de la métrica y la media de los valores (si existen) para las métricas del proceso asociadas; es decir, son de mayor interés aquellas métricas del proceso cuya curva de crecimiento tenga un comportamiento similar el reflejado en la figura 7 donde un aumento en la métrica del proceso se refleje en un mayor aumento en el valor de la métrica, lo cual a su vez la convierte en una métrica candidata. De las métricas candidatas, se seleccionan aquellas que tengan métrica del proceso con una alta aplicabilidad en la organización.

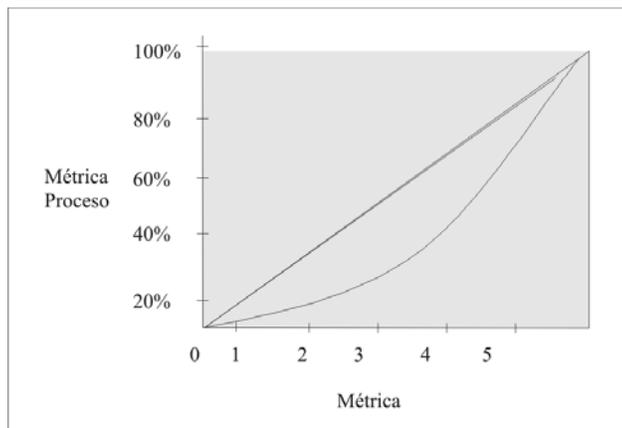


Figura 7. Métricas Candidatas
Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las métricas candidatas, se deben establecer los parámetros para mejorar las métricas del proceso asociadas, por lo que el Líder del Proyecto debe establecer ¿Cuánto tiempo requerirá la organización para alcanzar la métrica del proceso?, ¿Cuántos recursos del proyecto se deben invertir en ello? y ¿Cuáles métricas del proceso deben estar satisfechas antes de ésta? Se listan las métricas del proceso asociadas a la métrica y se indica el valor de la métrica del proceso, la aplicabilidad (ALTA, MEDIA, BAJA); el tiempo expresado en semanas / hombre y el costo según la unidad monetaria definida por el proyecto.

¿Cuáles categorías del proceso faltan por estar altamente satisfechas para alcanzar el siguiente nivel de calidad? Para esto se debe verificar cuáles son las categorías que deben estar satisfechas según MOSCA para alcanzar el siguiente nivel de calidad y cuáles son las satisfechas actualmente en la organización.

Para c/u de las categorías no satisfechas del proceso, ¿Cuáles características faltan por estar altamente satisfechas para la categoría? Se determina cuántas faltan para alcanzar el mínimo MOSCA, se listan las categorías no satisfechas con su valor actual y se seleccionan aquellas que estén más cercanas para alcanzar el 75%.

Para c/u de las características no satisfechas de la categoría de proceso, ¿Cuáles métricas del proceso faltan por estar altamente satisfechas? ¿Cuánto tiempo requerirá la organización para alcanzarlas?, ¿Cuántos recursos de la organización se deben invertir para ello? Se determina cuántas métricas del proceso faltan por estar satisfechas, se listan las métricas del proceso no satisfechas de la característica, indicando el valor actual en porcentaje; el número de métricas asociadas (#ma); aplicabilidad (ALTA, MEDIA, BAJA); tiempo en semanas / hombre y el costo expresado en la unidad monetaria definida por el proyecto.

Estos datos sirven de entrada al modelo dinámico, el cual ayudará a establecer el orden de los cambios en el tiempo y el impacto con el resto del modelo.

Si la organización no está satisfecha con el nivel de la calidad sistémica sugerido por el modelo INFOCAS, se iterará hasta conseguir el nivel esperado y posteriormente se reportarán los resultados, así como las acciones necesarias para alcanzar ese nivel.

El reporte de cambios necesarios propuesto por INFOCAS debe reflejar lo siguiente:

Si la Organización [nombre] desea alcanzar un nivel de Calidad Sistémica [Nivel Calidad], debe mejorar las Métricas del Proceso [MP₁...MP_N] en un tiempo T₁ con un costo C₁

Establecer costos y tiempos para alcanzar las mejoras sugeridas por INFOCAS

En este punto del flujograma, se realiza una simulación que permite determinar los tiempos y costos necesarios para alcanzar las mejoras antes identificadas.

a) Una vez establecidas las métricas del producto que deben ser mejoradas, para cada métrica del proceso asociada con la métrica del producto deben responderse las siguientes preguntas: ¿Cuánto tiempo le tomaría a la organización alcanzarlas? ¿Qué recursos necesitaría invertir la organización para hacerlo? Estas preguntas deben ser resueltas por el líder del proyecto.

b) De la misma manera, las siguientes preguntas deben ser respondidas para las características del proceso: ¿Cuáles características del proceso aún no se encuentran satisfechas? ¿Cuánto tiempo le tomaría a la organización alcanzarlas? ¿Qué recursos necesitaría invertir la organización para hacerlo? Estas preguntas deben ser resueltas por el líder del proyecto. Una vez que los datos han sido recolectados y procesados para determinar el nivel de calidad esperado, se puede producir un reporte proponiendo los cambios necesarios para mejorar el nivel de Calidad Sistemática.

Reportar los cambios necesarios para mejorar el nivel de Calidad Sistemática

Una vez que el líder ha aplicado el modelo INFOCAS, seleccionado las métricas del proceso y estimado el tiempo y costo, los resultados son presentados en forma resumida,

listando los cambios necesarios para mejorar el nivel de calidad sistemática. Este reporte de cambios es una guía de acción diseñada para mejorar el presente estado de calidad.

A continuación, se describe el modelo Dinámico que implementa las relaciones propuestas para permitir su simulación y posteriormente un análisis del tiempo y esfuerzo necesarios para mejorar el nivel de calidad sistemática de cualquier proyecto evaluado.

MODELO DINÁMICO DEL MODELO INFOCAS

Dado el número de relaciones causa-efecto, se hizo necesario complementarlas con una representación dinámica. Este modelo ayuda a comprender el carácter dinámico de la calidad sistemática y permite estudiar las relaciones entre las métricas del proceso con las métricas del producto. El modelo dinámico parte de un diagrama causal (figura 8).

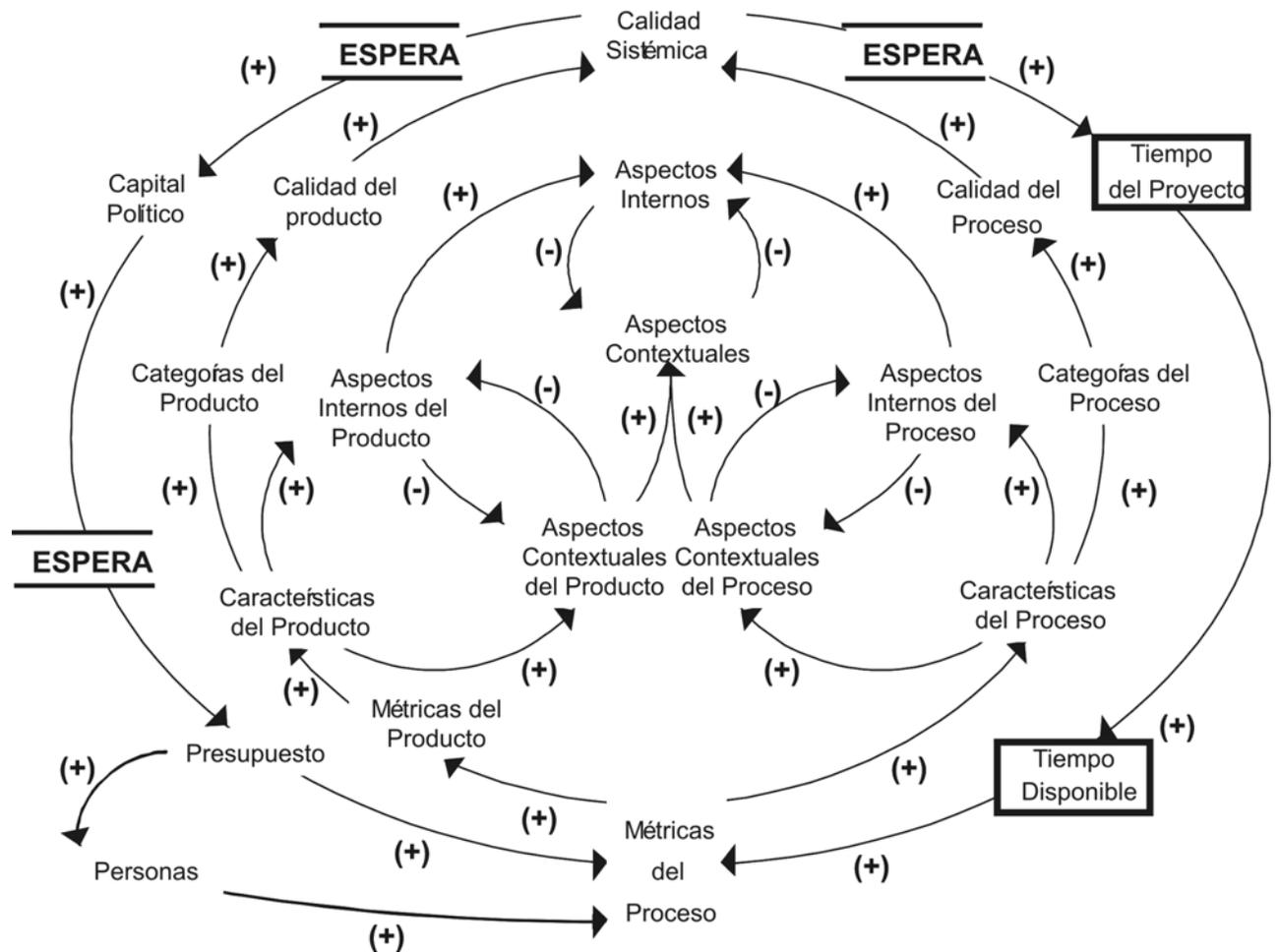


Figura 8. Diagrama Causal del Modelo INFOCAS.

Este diagrama causal establece que las métricas del proceso, por un lado, impulsan el valor de las métricas del producto y éstas a su vez impulsan las características del producto. Estas características impactan sobre los aspectos Internos del producto, y los aspectos contextuales del producto, así como en las categorías del producto que su a vez determinan la calidad del producto. Por otro lado, las métricas del proceso impulsan las características del proceso, estas características a su vez impactan sobre la aspectos Internos del proceso, y los aspectos contextuales del proceso, así como en las categorías del proceso que su a vez determinan la calidad del proceso. La calidad del proceso y del producto determinan la calidad sistémica.

La calidad sistémica se transforma en un ahorro en el tiempo del proyecto, lo cual aumenta el tiempo disponible que puede ser asignado sobre las métricas del proceso ya que para llevar a cabo éstas y lograr que estén altamente satisfechas, es necesario contar con un tiempo determinado.

Al aumentar el nivel de calidad sistémica aumenta la credibilidad y la confianza de los clientes en el sistema, lo cual considerando un tiempo de espera, se traduce en un aumento del capital político, que a su vez conlleva después de una espera, a un aumento del presupuesto asignado para el desarrollo de nuevos proyectos, que representan recursos para alcanzar las métricas del proceso.

Desde otro punto de vista, en el diagrama causal se pueden observar diversas capas superpuestas concéntricas, donde se destaca la calidad sistémica como elemento dominante, la primera capa está conformada por los elementos de proyecto como son: tiempo, presupuesto, capital político, personal; la segunda capa está conformada por los elementos de la calidad del proceso y la calidad del producto con sus categorías, características, métricas y métricas del proceso asociadas. La capa más interna está conformada por los elementos contextuales e internos del proceso y del producto, las cuales garantizan el equilibrio de la calidad sistémica.

Establecida la hipótesis en el diagrama causal, se construye un modelo de simulación con la herramienta ITHINK versión 5.0 (ITHINK, 1994). Esta herramienta ayuda a modelar problemas de dinámica de sistemas en tres niveles de abstracción.

El primer nivel es el de presentación, el cual permite a través de elementos gráficos (tacómetros, diagramas, variables, entre otros), resumir los resultados de la ejecución de una forma sencilla y fácil de comprender. El segundo nivel es el de modelado, el cual logra a través de elementos gráficos

(contenedores, flujos, convertidores, entre otros) modelar las relaciones causa-efecto de la hipótesis dinámica.

El último nivel es el de fórmulas, el cual a través de fórmulas y funciones matemáticas (integrales, condicionales, sumatorias, entre otras) representa el modelo dinámico. El desarrollo del modelo se realiza en el nivel de modelado, la herramienta permite introducir las fórmulas necesarias en el nivel de Fórmulas y finalmente hay que construir el nivel de presentación. En este nivel se genera un diagrama con las entidades principales del modelo construido en el nivel de modelado (figura 9).

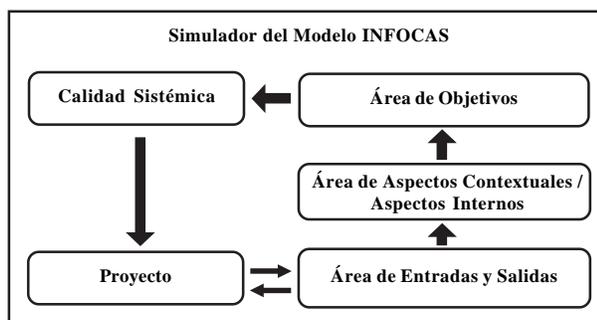


Figura 9. Entidades de Modelo en el Nivel de Modelado.

Estas entidades tienen una correspondencia en el nivel de modelado con el detalle de cada entidad. En este nivel de modelado fue construido el modelo dinámico del INFOCAS y en la figura 10 se muestra una visión general de este modelo.

En los tres niveles de abstracción del modelo dinámico, el nivel de presentación contiene 19 gráficas y 3 tablas; el nivel de modelado contiene 71 elementos divididos en 5 entidades, 10 contenedores, 6 arreglos de contenedores, 20 convertidores, 14 arreglos de convertidores, 9 flujos, 7 arreglos de flujos; el nivel de fórmulas contiene más de 5000 formulas.

Los datos de entrada del modelo dinámico son la tabulación de los resultados de la aplicación de MOSCA y el reporte de cambios propuestos por el INFOCAS. Los resultados de MOSCA proporcionan el nivel actual de la calidad sistémica y el reporte de cambios del INFOCAS indican las métricas del proceso que se deben mejorar. En el modelo de simulación dinámica estas métricas del proceso son atendidas en función a la disponibilidad de tiempo, presupuesto y personal con que cuente el proyecto; es decir, se atenderán progresivamente en el tiempo mientras existan recursos. Así la organización puede contar con un diagnóstico, un tratamiento para mejorar y un panorama futuro que permite predecir el tiempo y los recursos necesarios para lograrlo.

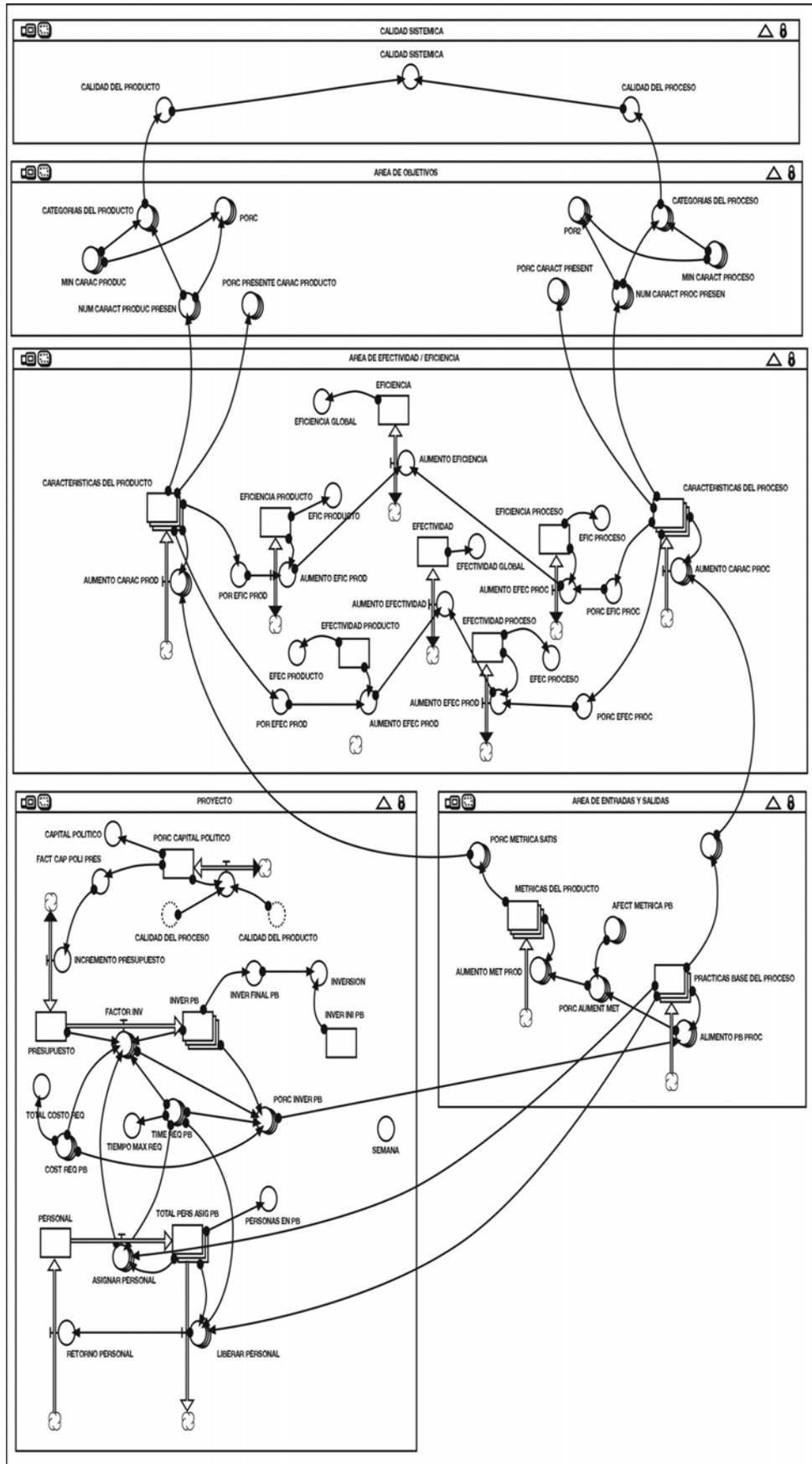


Figura 10. Visión General del modelo dinámico de INFOCAS.

APLICACIÓN DE INFOCASA UN ESTUDIO DE CASO

Una vez propuesto el modelo dinámico, se realizó su aplicación al estudio de un caso. Esta aplicación permitió evaluar el comportamiento del modelo para predecir el tiempo y el esfuerzo requerido para alcanzar un nivel de calidad sistémica particular, a partir de valores reales.

En particular, el objetivo del estudio es verificar la efectividad del modelo INFOCAS para establecer los cambios que se deben implementar para alcanzar el siguiente nivel de calidad sistémica en la organización, determinando el tiempo y el esfuerzo que dichos cambios requieren; partiendo del estado actual de la calidad sistémica y de las relaciones propuestas al integrar formalmente los modelos de calidad de proceso y calidad de producto con enfoque sistémico. Una vez aplicado el modelo INFOCAS en la organización, ésta podrá conocer los aspectos (métricas del proceso) que debe mejorar para así alcanzar un mayor nivel de calidad sistémica. En definitiva, se espera mejorar el valor de la calidad del producto y la calidad del proceso para a su vez mejorar el valor de la calidad sistémica en proyectos subsiguientes.

Se aplicaron los pasos descritos en la figura 6 y explicados en la sección 2.

Analizar el contexto de la organización

Para esta investigación se trabajó con la Oficina Nacional de Contabilidad (ONC) la cual es un organismo de la administración pública adscrito al Ministerio de Finanzas del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela y que tiene un área de desarrollo de sistemas. Este organismo tiene dentro de sus objetivos:

- Disponer de información contable y financiera consolidada del sector público nacional que satisfaga los requerimientos internos y externos de los entes de la administración central, descentralizada, gobernaciones y municipios, Distrito Metropolitano de Caracas y al Distrito Capital; elaborar los estados financieros que deban rendirse a la Asamblea Nacional y a la Contraloría General de la República y emitir opinión sobre los mismos.

- Establecer normas, principios y sistemas contables para el Sector Público que permita la uniformidad de registros de las operaciones contables, a fin de disponer de información oportuna para la toma de decisión en diferentes niveles gerenciales del Sector (ONC, 2002).

En esta investigación es de gran relevancia la Dirección General y las direcciones que la conforman, pues en ellas se lleva a cabo el desarrollo y el mantenimiento del Sistema

Integrado de Gestión y Control de las Finanzas Públicas (SIGECOF). Esta dirección se encarga entre otras funciones de garantizar la disponibilidad de la información actualizada y confiable, mediante la operatividad de los procesos instrumentados y la estandarización de los procedimientos administrativos. Está conformada a su vez por tres direcciones: Dirección de Gestión de Información, Dirección de Aplicaciones y la Dirección de Gestión y Control de Sistemas.

El proyecto «Registro de Compromiso» se seleccionó pues cumple con los requisitos más importantes para estimar la calidad, de manera que permite obtener la información necesaria para llevar adelante esta investigación. Estos requisitos son (Ortega *et al.* 2003): los usuarios están claramente definidos, el producto tiene más de 2 años en uso, existe disponibilidad de los componentes del producto de software: requerimientos, diseño y código, existe apoyo técnico para llevar a cabo la evaluación, la organización entiende la necesidad de evaluar sus Sistemas de Información, el producto presenta aceptación ante los usuarios, existe la facilidad de tener acceso y evaluar las diferentes etapas del proceso de desarrollo del Sistema de Información, pertenece al área de las Finanzas Públicas, lo cual representa el área de negocios de la ONC.

La figura 11 muestra el flujo de trabajo correspondiente al «Registro de Compromiso».

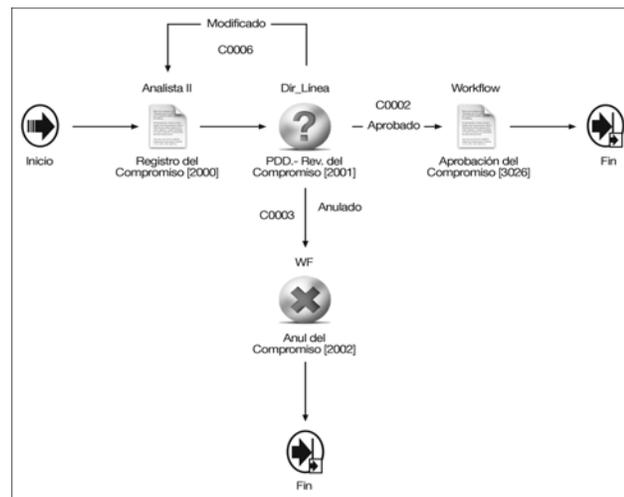


Figura 11. Flujo de Trabajo del «Registro de Compromiso», Fuente: [ONC, 2002a].

El sistema de «Registro de Compromiso» requiere la siguiente información: la(s) imputación(es) presupuestaria(s) al mínimo nivel, lo cual se refiere a el código de la(s) cuenta(s) presupuestaria(s) que se afecta(n) al realizar el compromiso; el monto de la imputación; la descripción del bien o servicio que se va a adquirir; el beneficiario y su correspondiente

cédula de identidad o RIF/NIT; condiciones del contrato (fianza de anticipos, retenciones, etc.); el número y tipo de documento de soporte (oferta de servicio o cotización); disponibilidad Presupuestaria; disponibilidad de Cuota de Compromiso; cronograma de Pago Periódico (si es necesario).

A continuación se describen los elementos del proyecto que conforman el contexto del estudio de caso del modelo INFOCAS:

- **Requerimientos Generales:** fortalecer las funciones de control en los organismos públicos mediante la instrumentación y mantenimiento del SIGECOF simplificando y automatizando los procesos de la Administración Financiera.

- **Requerimientos de calidad:** cumplir con las normas y procedimientos que permitan medir y garantizar la calidad de los procesos y productos basados en estándares internacionales de calidad de software; lograr la satisfacción de los requerimientos; asegurar que el sistema cumpla con su propósito que es el control en el proceso de ejecución de los organismos; verificar que el sistema funcione correctamente; proporcionar seguridad y precisión al manejar las operaciones.

- **Tiempo:** 4 meses es el tiempo disponible para realizar mejoras al proyecto.

- **Presupuesto:** el presupuesto para realizar los cambios necesarios propuestos por el modelo INFOCAS es limitado.

- **Costos:** la inversión para llevar a cabo los cambios propuestos por el modelo INFOCAS son ocasionados por la contratación de mano de obra calificada, compra de hardware y software necesario.

- **Personas:** el equipo de trabajo para llevar adelante los cambios propuestos por el modelo INFOCAS está conformado por 1 líder y 43 desarrolladores, 1 investigador.

- **Acuerdos de efectividad y eficiencia:** En la actualidad en la organización tiene más importancia la efectividad que la eficiencia, lo que se traduce en un alto costo para la equilibrio prometido por la calidad sistémica.

- **Paradigma de ingeniería de software:** la organización sigue un paradigma de ingeniería de software.

- **Flujos de trabajo:** cada proceso definido en el sistema tiene asociado un flujo de trabajo específico.

- **Ambiente:** la organización cuenta con un ambiente apropiado para el desarrollo de software.

- **Cultura organizacional:** dentro de la cultura de la organización se le da importancia a la calidad pero no se aplican estándares para llevarla a cabo.

Finalmente, respecto al contexto es importante resumir lo siguiente:

- El patrocinador del estudio del caso es la Oficina Nacional de Contabilidad (ONC).

- Los recursos disponibles para organizar y ejecutar el estudio del caso están conformados por el personal de la ONC y sus instalaciones.

- La escala de tiempo en la cual el estudio del caso debe ser completado fue de 4 meses.

- En esta cultura organizacional tiene más importancia la efectividad que la eficiencia, lo que se traduce en un alto costo para la nación, por lo cual se hace necesario el equilibrio prometido por la calidad sistémica.

Estimar el nivel de Calidad Sistémica a través de MOSCA

En este paso se aplicará el algoritmo de MOSCA para estimar la calidad del proceso y del producto (Mendoza *et al.*, 2001), con la finalidad de tener los valores de las métricas y métricas del proceso que reflejen la situación actual de la ONC. Esta actividad se realiza en tres fases:

Fase 1: Calidad del producto de software con un enfoque sistémico:

El procedimiento que lleva a cabo el algoritmo de MOSCA para determinar la calidad del producto, a grandes rasgos, consiste en estimar la calidad de la funcionalidad del producto, instanciar el sub-modelo de producto, estimar la calidad para cada categoría y estimar la calidad del producto partiendo de las categorías evaluadas.

En primer lugar se analizan los datos referentes al producto «Registro de Compromiso», específicamente las categorías seleccionadas de mayor interés para la ONC, estas son: funcionalidad, fiabilidad y usabilidad.

La ONC seleccionó la fiabilidad ya que el «Registro de Compromiso» debe mantener un alto nivel de rendimiento cuando es utilizado bajo condiciones de alta disponibilidad. Lo más importante de esta aplicación es la correctitud por lo complejo de las operaciones presupuestaria y contables

que realiza, por lo cual se aspira a una alta eficiencia del producto.

La otra categoría seleccionada fue la usabilidad ya que «Registro de Compromiso» debe ser un producto completo y consistente, lo cual refleja nuevamente la importancia de la eficiencia del producto; aunque también debe ser fácil de usar ya que los usuarios son funcionarios públicos de variada formación y tienen la obligación por ley de usar el producto de software para la ejecución presupuestaria. La figura 12 muestra los resultados obtenidos al evaluar estas categorías.

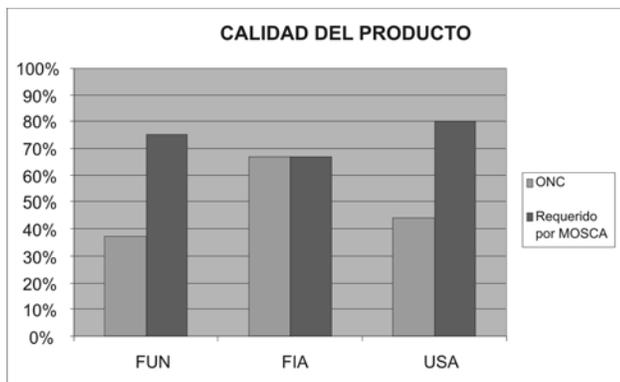


Figura 12. Porcentajes alcanzados por las categorías evaluadas en el producto «Registro de Compromiso».

Para determinar el nivel de calidad del producto «Registro de compromiso» de la ONC, fue necesario hacer una adaptación de la tabla Nivel de calidad del producto con respecto a las categorías satisfechas para el producto, propuesta por el algoritmo de MOSCA (Mendoza *et al.* 2001). Como se muestra en la tabla 1 se adiciona el nivel de calidad de producto de software nulo.

Tabla 1. Nivel de calidad del producto con respecto a las categorías satisfechas para el producto. Adaptado de [Mendoza *et al.* 2001].

Funcionalidad	2da. categoría instanciada	3ra. categoría instanciada	Nivel de calidad del producto de software
No Satisfecha	-	-	Nulo
Satisfecha	No Satisfecha	No Satisfecha	Básica
Satisfecha	Satisfecha	No Satisfecha	Intermedio
Satisfecha	No Satisfecha	Satisfecha	Intermedio
Satisfecha	Satisfecha	Satisfecha	Avanzada

Este nuevo nivel indica que aquellos productos que no cumplan con la categoría funcionalidad tienen nivel de calidad del producto de software nulo, sin tomar en cuenta

la segunda y la tercera categoría instanciada. Por tanto, el producto «Registro de Compromiso» tiene nivel de calidad del producto nulo, ya que la categoría funcionalidad no está altamente satisfecha. Sólo está altamente satisfecha la categoría fiabilidad.

Una vez terminada la evaluación del producto y a pesar de haber obtenido un nivel de calidad del producto nulo, se procederá a evaluar la calidad del proceso a través del sub-modelo del mismo, ya que como se mencionó es necesario para esta investigación saber el estado actual de la calidad en la ONC, pues esto servirá de insumo para el modelo INFOCAS.

Fase 2: Calidad del proceso de software con un enfoque sistémico:

El procedimiento que lleva a cabo el algoritmo de MOSCA para determinar la calidad del proceso comprende, a grandes rasgos, determinar la cantidad de respuesta «N/A» (No Aplica) contestadas por los encuestados por cada categoría, determinar el porcentaje de respuestas «N/S» (No sabe) contestadas por los encuestados por cada categoría y determinar el grado de satisfacción de cada categoría.

En cuanto al porcentaje de respuestas «N/A» ninguna categoría alcanza el 10%, lo que indica que no es necesario analizar la aplicabilidad del instrumento de medición. En cuanto al porcentaje de respuestas «N/S» ninguna categoría alcanza el 15% lo que indica que no existe desinformación en cuanto a las actividades asociadas a las categorías evaluadas (figura 13).

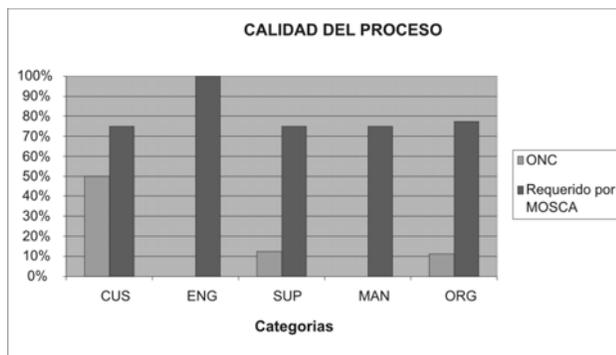


Figura 13. Porcentajes de respuesta «N/A» y «N/S» alcanzadas por las categorías del proceso de desarrollo en la ONC.

En la figura 14 se presentan las categorías del proceso según los datos recolectados en la aplicación de los cuestionarios.

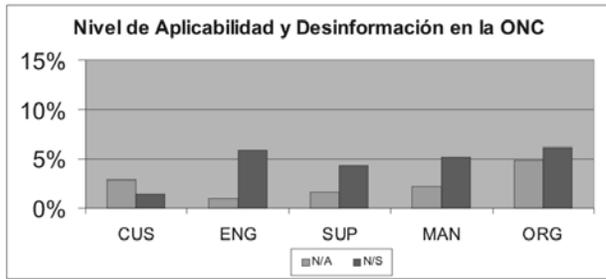


Figura 14. Porcentajes de las categorías del proceso de desarrollo de la ONC.

Para estimar el nivel de calidad del proceso partiendo de las categorías evaluadas MOSCA considera (Mendoza *et al.* 2001):

- Calidad básica. Es la mínima calidad requerida. Se satisfacen las características: cliente-proveedor e Ingeniería.
- Calidad intermedia. Ésta no sólo satisface las características de calidad básica, sino que, además, satisface las características de Soporte y Gestión.
- Calidad avanzada. Satisface todas las características.

En el caso de la ONC como lo muestra la figura 14 ninguna de las categorías está altamente satisfecha. Debido a que en el proceso de desarrollo de la ONC ninguna de las características está altamente satisfecha, no es posible determinar el nivel de calidad del proceso según la clasificación que establece MOSCA (básica, intermedio, avanzado), por ello es necesario adicionar a esta clasificación la calidad nula, la cual indica que no hay categorías altamente satisfechas.

Fase 3: Integración de las mediciones de los sub-modelos de la calidad del producto y la calidad del proceso.

Tomando en cuenta que el nivel de calidad del producto y el nivel de calidad del proceso de desarrollo fue nulo, no es posible estimar la calidad sistémica a través de la tabla propuesta por MOSCA ya que no contempla una clasificación para estos casos. Es por ello que se propone ampliar la tabla con un nivel de calidad sistémica Nulo para los casos que tanto la calidad del proceso y del producto sean nulas, como se muestra a continuación en la tabla 2.

Una vez estimado el nivel actual de la calidad sistémica en la ONC, el cual es nulo, se aplicará el Modelo INFOCAS para llevar a la organización del nivel Nulo al nivel Básico de la calidad sistémica.

Tabla 2. Nivel de Calidad Sistémica Global a partir del nivel de Calidad del Producto y el nivel de Calidad del Proceso de Desarrollo. Adaptado de (Mendoza *et al.* 2001).

Nivel de Calidad Producto	Nivel de Calidad Proceso	Calidad Sistémica
Nulo	Nulo	Nulo
Básico	Nulo	Nulo
Básico	Básico	Básico
Intermedio	Nulo	Nulo
Intermedio	Básico	Básico
Avanzado	Nulo	Nulo
Avanzado	Básico	Intermedio
Básico	Intermedio	Básico
Intermedio	Intermedio	Intermedio
Avanzado	Intermedio	Intermedio
Básico	Avanzado	Intermedio
Intermedio	Avanzado	Intermedio
Avanzado	Avanzado	Avanzado

Mejorar el nivel de la Calidad Sistémica a través del Modelo INFOCAS

Una vez estimado el nivel de la calidad sistémica en la ONC y siguiendo el flujograma de la aplicación del modelo INFOCAS, se respondieron un conjunto de preguntas que permitieron generar las tablas necesarias para recolectar los datos sobre las métricas del proceso que permitirán mejorar el nivel de la calidad sistémica. El responsable de suministrar estos datos fue el líder del proyecto. Las preguntas fueron las siguientes:

1. Cuántas categorías del producto faltan por estar altamente satisfechas para que éste alcance el siguiente nivel de calidad?

Ya que en la aplicación de MOSCA, fue satisfecha la categoría de FIABILIDAD, sólo falta cumplir con la FUNCIONALIDAD.

2. Dentro de la categoría FUNCIONALIDAD, ¿Cuántas características faltan por estar altamente satisfechas para la categoría?

Para que la categoría FUNCIONALIDAD esté altamente satisfecha se deben mejorar 3 características para alcanzar el mínimo de 6 altamente satisfechas, exigido por MOSCA. Las características que fallan se muestran en la tabla 3. De la tabla 3 se seleccionan FUN1, FUN2, FUN4 para ser analizadas por ser las categorías más influenciadas por los cambios en las métricas del proceso ya que tienen mayor número de relaciones.

Tabla 3. Características de la FUNCIONALIDAD que no están altamente satisfechas.

PRODUCTO > FUNCIONALIDAD	>= 4	Métricas Proceso
FUN1 - Ajuste a los propósitos	33 %	32
FUN2 - Precisión	50 %	11
FUN3 - Interoperabilidad	71 %	2
FUN4 - Seguridad	50 %	3
FUN8 - Especializado	0 %	1

3. Dentro de cada característica del producto seleccionada, ¿Cuáles métricas faltan por estar altamente satisfechas para tener al menos el 75% >= 4 y cuáles de ellas son las candidatas para mejorar su valor?

Para cada métrica no satisfecha, evaluar: Potencial de crecimiento y la(s) métrica(s) del proceso asociada (si es posible). El potencial de crecimiento de la métrica tiene que ver con la relación que existe entre el valor actual de la métrica y los valores (si existen) para las métricas del proceso asociadas. De las métricas candidatas, se seleccionan aquellas que tengan métricas del proceso con una alta aplicabilidad en la organización.

La tabla 4 muestra que para lograr que FUN1 tenga el 75% de las métricas altamente satisfechas, se debe mejorar el valor de {Métrica 3 de FUN1, Métrica 5 de FUN1, Métrica 6 de FUN1, Métrica 8 de FUN1, Métrica 11 de FUN1, Métrica 14 de FUN1, Métrica 3 de FUN1}.

Tabla 4. Métricas de la característica FUN1 que no están altamente satisfechas.

PRODUCTO > FUNCIONALIDAD > FUN1 Ajustes a los Propósitos				
Métricas (Faltan 7)	Valor	Media (Métricas Proceso)	# Métricas Proceso	Factibilidad
Métrica 2 de FUN1	3	73 %	5	No candidata
Métrica 3 de FUN1	3	38 %	2	Candidata
Métrica 4 de FUN1	2	94 %	4	No candidata
Métrica 5 de FUN1	3	88 %	1	Candidata
Métrica 6 de FUN1	2	50 %	1	Candidata
Métrica 7 de FUN1	2	100 %	1	No candidata
Métrica 8 de FUN1	1	38 %	2	Candidata
Métrica 11 de FUN1	2	34 %	2	Candidata
Métrica 14 de FUN1	3	54 %	3	Candidata
Métrica 15 de FUN1	3	13 %	2	Candidata

En la tabla 5 se puede observar que para lograr que FUN2 tenga el 75% de las métricas altamente satisfechas, se debe mejorar el valor de {Métrica 4 de FUN2, Métrica 7 de FUN2, Métrica 10 de FUN2}.

Tabla 5. Métricas de la característica FUN2 que no están altamente satisfechas.

PRODUCTO > FUNCIONALIDAD > FUN2 Precisión				
Métricas (Faltan 3)	Valor	Media (Métricas Proceso)	# Métricas Proceso	Factibilidad
Métrica 4 de FUN2	3	19 %	2	Candidata
Métrica 5 de FUN2	3	75 %	1	No Candidata
Métrica 6 de FUN2	3	88 %	1	No candidata
Métrica 7 de FUN2	3	25 %	1	Candidata
Métrica 1 de FUN2	2	25 %	1	Candidata

La tabla 6 muestra que para lograr que FUN4 tenga el 75% de las métricas altamente satisfechas, se debe mejorar el valor de {Métrica 2 de FUN4}.

Tabla 6. Métricas de la característica FUN4 que no están altamente satisfechas.

PRODUCTO > FUNCIONALIDAD > FUN4 Seguridad				
Métricas (Faltan 1)	Valor	Media (Métricas Proceso)	# Métricas Proceso	Factibilidad
Métrica 2 de FUN4	3	10 %	2	Candidata

Con los datos proporcionados por el Líder de Proyecto, se puede determinar el costo en tiempo y recursos que requiere la ONC para satisfacer la categoría FUNCIONALIDAD.

4. ¿Cuántas categorías del proceso faltan por estar altamente satisfechas para alcanzar el siguiente nivel de calidad sistémica?

Para alcanzar el nivel Básico de la calidad del proceso, según MOSCA es necesario satisfacer las categorías de cliente-proveedor e ingeniería. De aquí que en el caso de la ONC para que la categoría cliente-proveedor esté altamente satisfecha se debe mejorar una de sus características para alcanzar las 3 del mínimo exigido por MOSCA. Por otro lado para que la categoría de ingeniería esté altamente satisfecha se requiere mejorar sus dos características para cumplir con lo exigido por MOSCA.

5. Dentro de la categoría del proceso, ¿Cuántas características faltan por estar altamente satisfechas para la categoría?

La tabla 7 muestra las características de la categoría cliente-proveedor que no están altamente satisfechas en la ONC.

Tabla 7. Características de la Categoría Cliente-Proveedor que no están altamente satisfechas.

PRODUCTO>CLIENTE-PROVEEDOR	> = 75 %
CUS1 - Adquisición	27 %
CUS2 - Suministro	29 %

En la tabla 7 se selecciona CUS2 para ser analizada, ya que CUS1 Adquisición, no es de alto interés en la organización.

La tabla 8 muestra las características de la categoría Ingeniería que no están altamente satisfechas en la ONC.

Tabla 8. Características de la Categoría Ingeniería que no están altamente satisfechas.

PROCESO>INGENIERÍA	> = 75 %
ENG1 - Desarrollo	50 %
ENG2 - Mantenimiento de Software y Sistemas	58 %

Se deben analizar ambas características ENG1 y ENG2 ya que es necesario su mejoramiento.

Establecer costos y tiempos para alcanzar las mejoras sugeridas por INFOCAS

Una vez establecidas las métricas que se deben mejorar, para cada métrica de proceso asociada a la métrica se debe responder: ¿Cuánto tiempo requerirá la organización para alcanzarlas?, ¿Cuántos recursos de la organización se deben invertir para ello? Estas interrogantes debe responderlas el líder del proyecto y los resultados se resumen en la tabla 9 que se muestra a continuación, cuyos datos sirven de entrada al modelo de simulación. Para facilitar el manejo de los datos recolectados, la unidad de tiempo es en semanas y el costo es tratado en unidades de 100 mil bolívares.

Tabla 9. Tiempo y Costo necesario para aumentar el valor de las métricas del proceso candidatas que afectan la calidad del producto en la ONC.

PRODUCTO>FUNCIONALIDAD>FUN1- Ajustes a los Propósitos > Métrica 3 de FUN1				
Métricas Proceso	Valor	Aplicabilidad	Tiempo (smns/h)	Costo
Métrica 1 de CUS1	75 %	ALTA	8	4
Métrica 6 de CUS1	0 %	ALTA	8	4
Media	38 %	Totales:	16	8
PRODUCTO>FUNCIONALIDAD>FUN2- Precisión > Métrica 7 de FUN2				
Métricas Proceso	Valor	Aplicabilidad	Tiempo (smns/h)	Costo
Métrica 2 de SUP5	25 %	ALTA	12	4
Media:	25 %	Totales:	12	4
PRODUCTO>FUNCIONALIDAD>FUN2- Precisión > Métrica 10 de FUN2				
Métricas Proceso	Valor	Aplicabilidad	Tiempo (smns/h)	Costo
Métrica 6 de SUP5	25 %	MEDIA	12	4
Media:	25 %	Totales:	12	4

Por otra parte, dentro de las características del proceso, ¿Cuáles métricas del proceso faltan por estar altamente satisfechas? ¿Cuánto tiempo requerirá la organización para alcanzarlas?, ¿Cuántos recursos de la organización se deben invertir para ello? Estas interrogantes debe responderlas el Líder del Proyecto y los resultados se resumen en la tabla 10 que se muestra a continuación, cuyos datos sirven de entrada al modelo de simulación. Para facilitar el manejo de los datos recolectados la unidad de tiempo es en semanas y el costo es tratado en unidades de 100 mil bolívares.

Una vez recolectados los datos, es posible generar el reporte de cambios necesarios propuesto por INFOCAS.

Reportar los cambios necesarios para mejorar el nivel de Calidad Sistémica

Una vez que el líder del proyecto ha aplicado el modelo INFOCAS, ha seleccionado las métricas del proceso y ha estimado el costo y el tiempo, los resultados se presentan en forma resumida, listando los cambios necesitados para mejorar el nivel de Calidad Sistémica en la ONC. Este reporte de cambios es una guía para la acción, diseñada para mejorar el estado presente de calidad.

Si la ONC desea alcanzar el Nivel de Calidad Sistémica Básica, debe mejorar las métricas del proceso mostradas en la Tabla 11.

Tabla 10. Tiempo y Costo necesario para aumentar el valor de las métricas del proceso candidatas que afectan la calidad del proceso en la ONC.

PROCESO > INGENIERÍA > ENG1-Desarrollo					
Métricas Proceso	Valor	# MA	Aplicabilidad	Tiempo (sem/h)	Costo
Métrica 1 de ENG1	13 %	0	ALTA	6	4
Métrica 6 de ENG1	13 %	2	ALTA	6	4
Métrica 8 de ENG1	63 %	0	ALTA	8	4
Métrica 9 de ENG1	50 %	0	ALTA	8	4
Métrica 10 de ENG1	25 %	0	ALTA	12	4
Faltan 3 Métricas Proceso por estar altamente satisfechas					
PROCESO > INGENIERÍA > ENG2-Mantenimiento de software y sistemas					
Métricas Proceso	Valor	# MA	Aplicabilidad	Tiempo (sem/h)	Costo
Métrica 7 de ENG2	50 %	0	ALTA	2	4
Métrica 8 de ENG2	63 %	0	ALTA	1	6
Métrica 9 de ENG2	63 %	0	ALTA	1	4
Métrica 11 de ENG2	63 %	0	ALTA	1	6
Métrica 12 de ENG2	0 %	0	ALTA	12	4
Falta 1 Métricas Proceso por estar altamente satisfechas					

Se espera mejorar las métricas del proceso mencionadas. Su impacto no es proporcional al valor de las métricas del producto. Si el valor de las métricas del proceso y de las métricas del producto es mejorado, los valores de las características deben cambiar y esto inevitablemente, tendrá un impacto en los aspectos internos y aspectos contextuales. Los valores de las categorías deben a su vez ser mejorados para así cambiar la calidad del proceso y la calidad del producto y finalmente, mejorar la calidad sistémica.

Cabe señalar que mediante un análisis como el presentado, las organizaciones son capaces de visionar el efecto de las mejoras que deben realizar en su proceso de desarrollo. Esto

Tabla 11. Métricas del proceso propuestas por INFOCAS para mejorar el Nivel de Calidad Sistémica de la ONC.

Métricas del proceso	Tiempo	Costo	Métricas del proceso	Tiempo	Costo
1 de CUS1	8	4	7 de ENG2	2	4
4 de CUS1	8	4	8 de ENG2	1	6
5 de CUS1	8	4	9 de ENG2	1	4
6 de CUS1	8	4	11 de ENG2	1	6
8 de CUS1	4	4	12 de ENG2	12	4
12 de CUS1	35	4	4 de SUP1	4	2
2 de CUS2	4	4	5 de SUP3	35	4
3 de CUS2	2	4	1 de SUP4	35	4
4 de CUS2	4	4	1 de SUP5	6	4
5 de CUS2	24	4	2 de SUP5	12	4
1 de ENG1	6	4	6 de SUP5	12	4
6 de ENG1	6	4	6 de SUP6	35	4
8 de ENG1	8	4	Todas de SUP7	8	4
9 de ENG1	8	4	1 de SUP7	4	4
10 de ENG1	12	4	2 de MAN3	12	4

permite la corrección de las desviaciones detectadas y el alcance de un nivel de madurez organizacional más alto, facilitando de esta forma la definición del proceso de desarrollo, combinado con técnicas de optimización de procesos. De esta forma se puede concluir que mediante el uso de esta propuesta, la cual se adapta a las dimensiones de corporaciones y que considera su cultura y características distintivas, las organizaciones pueden acercarse más a los niveles de calidad requeridos actualmente por las organizaciones en países desarrollados del mismo sector y posicionarse para competir con una base similar a nivel internacional.

Aplicación del Modelo Dinámico del Modelo Infocas

Estos cambios los deberá llevar adelante la ONC para alcanzar el Nivel Básico de la calidad sistémica, sin embargo, no es

posible por medio de estos resultados dar respuestas a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuánto es el presupuesto requerido para alcanzar el Nivel Básico de la calidad sistémica?
- ¿Cuál es la inversión Inicial?
- ¿Cuánto personal se necesita?
- ¿Se logrará mejorar el nivel de calidad?, y si es así, ¿En cuánto tiempo?
- ¿Cuál calidad se alcanza primero, el proceso o el producto?
- ¿Los cambios a realizar influyen más sobre los aspectos contextuales o sobre los aspectos internos?
- y finalmente, ¿Cómo puede la ONC asegurar que los cambios propuestos mejorarán el nivel actual de la calidad?

Para buscar respuestas a estas interrogantes y ampliar el análisis de los datos se cuenta con el modelo dinámico del INFOCAS. Una vez construido el modelo de simulación dinámica del INFOCAS, éste se ejecuta en un horizonte de tiempo estimado en 35 semanas, que es el tiempo en el se espera alcanzar la calidad sistémica.

Partiendo de los resultados de la ejecución, se dividió el proceso en tres momentos importantes para esta investigación:

1. Semana 22, al alcanzar la calidad del proceso.
2. Semana 30, al alcanzar la calidad del producto y la calidad sistémica.
3. Semana 35, finalizada la ejecución.

Observando el nivel de presentación del modelo de simulación dinámica, se encuentra un Panel de Control que agrupa en el proyecto y la calidad sistémica los indicadores más sensibles a variaciones fruto de los cambios propuestos por el INFOCAS.

En la figura 15 se muestra el Panel del Control en el momento 1, donde se puede observar del lado del proyecto, que los elementos capital político, presupuesto, personal y personal en las métricas del proceso, se representan en tacómetros que marcan los valores de los elementos de menor a mayor en el sentido de las agujas del reloj y en su parte inferior indican el nivel actual. Así mismo se destacan recuadros con los valores actuales de semana e inversión requerida por las métricas del proceso hasta el momento. De la misma

forma, del lado de la calidad se observan recuadros con: los niveles de calidad global sistémica, calidad del producto, calidad del proceso y con los porcentajes de aspectos internos y contextuales del proceso y producto, respectivamente.

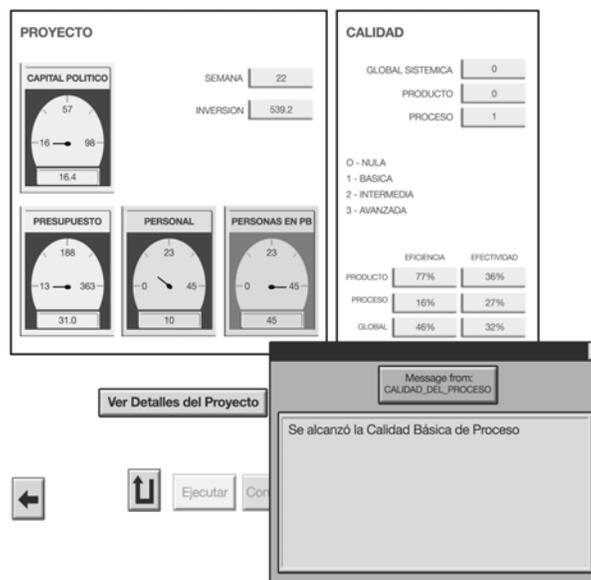


Figura 15. Panel de Control del modelo de simulación dinámica, momento 1.

Nótese que al obtener la calidad básica del proceso en la semana 22 los niveles de los elementos capital político (16.4%), presupuesto (31) y personal (10), son considerados por ITHINK como críticos por ser valores cercanos al mínimo de cada elemento, esto se debe a que las métricas del proceso han consumido presupuesto y personal durante 22 semanas y es a partir de esta semana que se ha logrado un cambio representativo en los niveles de la calidad del proceso, por lo que se espera aumente la confianza y mejore el capital político; el nivel de las Personas en métricas del proceso (45) significa que la mayoría del Personal está abocado a cumplir con los cambios requeridos; la Inversión (539.2) en métricas del proceso es alto, lo cual indica el consumo casi total del Presupuesto.

Del lado de la Calidad se observa que los niveles de la Calidad Global Sistémica y la Calidad del Producto son nulos (0) y la Calidad del Proceso es Básica (1). En cuanto al Producto, hay una alta tendencia hacia los aspectos internos (77%) sobre los contextuales (36%) debido a la naturaleza del negocio del caso de estudio (Gobierno) donde se procura que los sistemas sean correctos y completos más que fáciles de aprender. En cuanto al Proceso, hay una leve tendencia hacia los aspectos contextuales (27%) sobre los internos (16%) porque se cuenta con un equipo de desarrollo de alto nivel que apoya el aseguramiento de la calidad.

En la figura 16 se muestra el Panel de Control en el momento 2, al obtener la calidad Intermedia del producto junto con la calidad sistémica en la semana 30, los niveles de los elementos presupuesto (139.5) y personal (17) son considerados por ITHINK como un nivel de precaución ya que sus valores están por debajo de su valor medio; el capital político (82.4%) aumento en 66% su valor, desde la lectura anterior. Esto se debe al aumento de la confianza en el proyecto como resultado de haber aumentado los niveles de la calidad sistémica. El nivel de las personas en métricas del proceso (32) significa que las métricas del proceso han liberado personal (13) desde su lectura anterior al haber alcanzado un alto porcentaje de satisfacción de la métrica del proceso a la que fueron asignados.

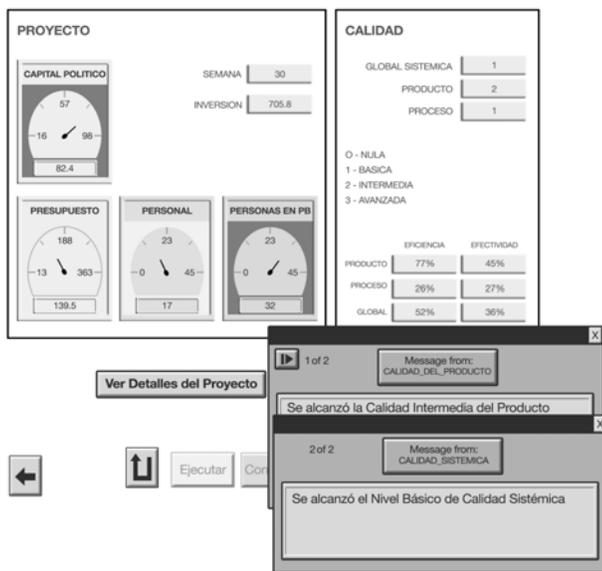


Figura 16. Panel de Control del modelo de simulación dinámica, momento 2.

La Inversión correspondiente a evaluar equivale a 705.8 (Bs. 70,5 millones) métricas del proceso, monto aproximado que se requerirá invertir para llevar adelante los cambios y mejorar el nivel actual de la calidad a un nivel básico.

Del lado de la calidad se observa que los niveles de la calidad global sistémica es básico (1) y la calidad del producto es intermedia (2) y la calidad del Proceso continúa básica (1). En cuanto al producto, continúa una alta tendencia hacia los aspectos internos (77%) sobre los aspectos contextuales (45%), aunque esta última mejoró en 9% desde lectura anterior, mostrando la búsqueda del equilibrio entre ellas. En cuanto al proceso, se alcanza el equilibrio entre los aspectos contextuales (27%) y los aspectos internos (26%).

Finalmente, la figura 17 muestra el Panel del Control en el momento 3.

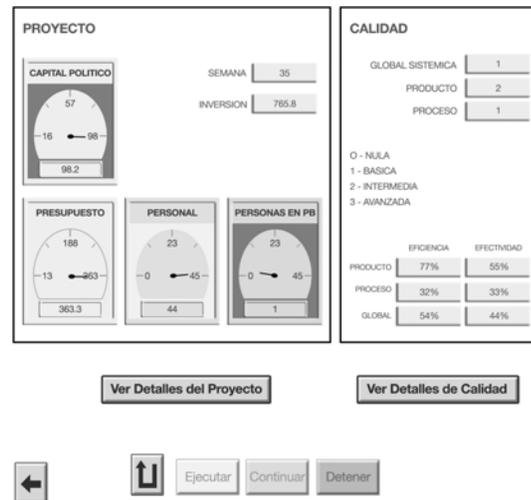


Figura 17. Panel de Control del modelo de simulación dinámica, momento 3.

Nótese que en la semana 35 los niveles de los elementos del capital político (98.2%), presupuesto (363.3) y personal (44) son considerados por ITHINK como un nivel normal ya que sus valores están cercanos al valor máximo; con un aumento desde la lectura anterior de 15.8%, 223.7 y 27 respectivamente. Esto se debe a las mejoras en las métricas del proceso con los recursos disponibles después de alcanzar el nivel buscado de la calidad sistémica. El nivel de las personas en métricas del proceso (1) significa que las métricas del proceso han liberado casi todo el personal (31) desde su lectura anterior al haber alcanzado un alto porcentaje de satisfacción de la métrica del proceso a la que fueron asignados.

Del lado de la calidad, se observa que el nivel de la calidad global sistémica continúa en básico (1) y la calidad del producto en Intermedia (2) así como la calidad del proceso en básica (1). En cuanto al producto, se mantiene la alta tendencia hacia los aspectos internos (77%) sobre los aspectos contextuales (55%), aunque esto último mejoró en 10% desde lectura anterior, reduciendo la brecha entre ellas. En cuanto al proceso, continua el equilibrio entre los aspectos contextuales (33%) y los aspectos internos (32%), con un crecimiento proporcional de ambas.

Con las figuras 15, 16 y 17 se puede dar respuesta a las interrogantes planteadas al inicio de esta sección, observando que se requiere:

- Un presupuesto de Bs. 70,5 millones, para alcanzar el nivel básico de la calidad sistémica.
- Con una inversión inicial de Bs. 25 millones.

- Para una plantilla inicial de 45 personas.
- En un lapso de tiempo de 30 semanas (7,5 meses) para alcanzar el Nivel Básico de la Calidad Sistémica.
- Se alcanza primero la Calidad del Proceso en la semana 22 (5,5 meses) y luego la Calidad del Producto en la semana 30 (7,5 meses).
- Los cambios a efectuar en la ONC se reflejan en el aumento de los aspectos internos (54%) sobre los contextuales (44%), reafirmando el carácter de control que tiene la ONC en la administración pública, donde el uso obligatorio del sistema de software permite emplear más recursos en garantizar la correctitud.

Otra manera de apreciar los cambios de los niveles de la calidad en el tiempo se muestra en la tabla 12, donde se detallan las semanas en que se alcanza cada uno de los niveles de la calidad, lo cual se representa con los valores (0) nivel de calidad nulo, (1) nivel de calidad básica y (2) nivel de calidad intermedia y adicionalmente un acumulado de la inversión realizada en cada semana.

Tabla 12. Niveles de calidad e inversión total por semana.

Weeks	CALIDAD DEL PROCESO	CALIDAD DEL PRODUCTO	CALIDAD SISTEMICA	INVERSION
Initial	0	0	0	0.00
1	0	0	0	140.00
2	0	0	0	182.00
3	0	0	0	206.00
4	0	0	0	222.00
20	0	0	0	519.16
21	0	0	0	539.16
22	1	0	0	539.16
23	1	0	0	563.16
24	1	0	0	563.16
25	1	0	0	605.82
26	1	0	0	605.82
27	1	0	0	649.82
28	1	0	0	665.82
29	1	0	0	705.82
30	1	2	1	733.82
31	1	2	1	753.82
32	1	2	1	761.82
33	1	2	1	765.82
34	1	2	1	765.82

Labels: Básica (rows 22-29), Intermedia (rows 30-34)

Al ejecutarse el modelo dinámico del INFOCAS, se puede confirmar en la tabla 12, que el nivel básico (1) de la calidad del proceso se obtiene en la semana 22 y el nivel intermedio (2) de la calidad del Producto se obtiene en la semana 30 al igual que el nivel básico (1) de la calidad sistémica, con una inversión total de 705.92 (Bs. 70,5 millones). Nótese que no se toma el valor de la inversión de la semana 30 (733.82), ya que es este valor al finalizar la semana 30 y la calidad se obtiene al inicio de esta semana.

Asignación del Recurso Humano para la mejora de las Métricas del Proceso

En las gráficas de esta sección se pueden apreciar cuatro histogramas: personal, personal en métrica del proceso, calidad del proceso y calidad del producto, con dos escalas diferentes, una para el personal con un número entero entre 0 y 50 representado número de personas, y otra para la calidad con valores numéricos (0-Nulo, 1-Básica, 2-Intermedia, 3-Avanzada). Igualmente se analizan las gráficas en los tres momentos de la ejecución descritos anteriormente, y señalados por una línea vertical continua.

La figura 18 muestra la utilización del personal en la atención de las métricas del proceso hasta el momento 1 de la ejecución.

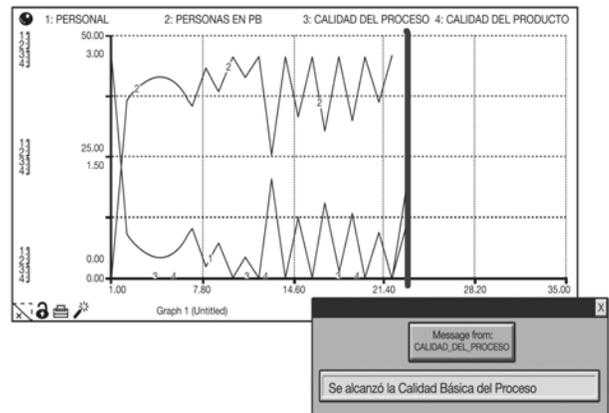


Figura 18. Asignación del Personal a las métricas del proceso, momento 1.

Fue necesario contar para el arranque del proyecto con un número considerable de personas (45), ya que se deben asignar la mayor cantidad de personal disponible en las primeras semanas con el fin de asegurar el mejor uso del recurso, partiendo desde el momento en que una métrica del proceso base esta altamente satisfecha, su personal es asignado a otra métrica del proceso; así, entre la semana 1 y la semana 8 está asignada la mayor parte del personal a las métricas del proceso; entre la semana 8 y la semana 15 se consigue liberar el mayor número de personal de las métricas del proceso; entre la semana 15 a la semana 22 se tiene un comportamiento homogéneo en el uso del personal, donde para la semana 22 habían 45 personas en métricas del proceso y 10 personas libres.

En la figura 19 se muestra la utilización del personal en la atención de las métricas del proceso hasta el momento 2 de la ejecución. Desde la semana 22 a la semana 29 se alcanza la calidad del proceso y comienza a disminuir el uso del personal en las métricas del proceso hasta que en la semana 30 se alcanza la calidad del producto y así mismo la calidad sistémica y comienza a regresar el personal asignado y a aumentar el personal disponible.

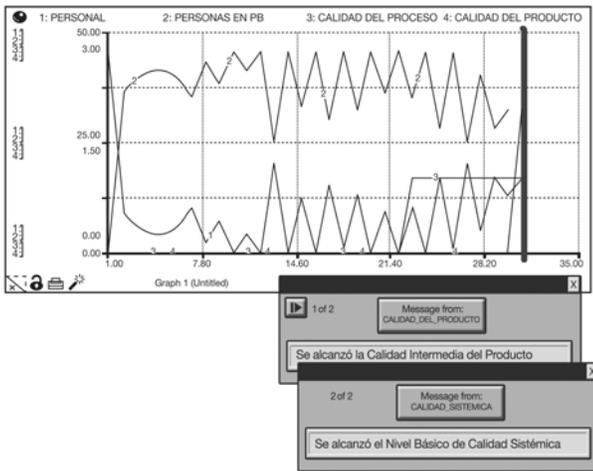


Figura 19. Asignación del Personal a las métricas del proceso, momento 2.

Finalmente, la figura 20 muestra la utilización del Personal en la atención de las métricas del proceso hasta el momento 3 de la ejecución. Cuando los histogramas de personal y personas en métrica del proceso se cruzan en la semana 32, se tiende a normalizar el uso del recurso del personal debido a que las métricas del proceso regresan todo el personal utilizado en la mejoras. Se puede concluir que es necesario prever el impacto de los cambios en la ONC para el personal en las primeras 10 semanas de mejoras donde el promedio de personal en las métricas del proceso fue de 35 personas y de 10 personas para atender el resto de los procesos.

Impacto de la Calidad Sistémica en el Capital Político y el Presupuesto del proyecto

Durante la ejecución del modelo dinámico se afirmó que los cambios en el capital político y en el presupuesto están influenciados principalmente por la calidad sistémica, lo se muestra en las gráficas de esta sección.

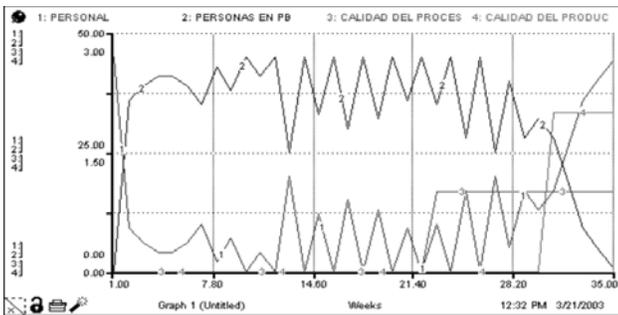


Figura 20. Asignación del Personal a las Métricas del proceso, momento 3.

Estas gráficas contienen cuatro histogramas: capital político, presupuesto, calidad del proceso y calidad del producto con tres escalas diferentes: el capital político con un valor porcentual entre 0% y 100%; el presupuesto con un valor monetario expresado en unidad de Bs. 100 mil entre 0 y 500 y la calidad con valores numéricos (0-Nulo, 1-Básica, 2-Intermedia, 3-Avanzada). Igualmente se analizan las gráficas en los tres momentos de la ejecución descritos anteriormente, y señalados por una línea vertical continua.

En la figura 21 se muestra la relación entre la calidad sistémica, el capital político y presupuesto en el momento 1 de la ejecución.

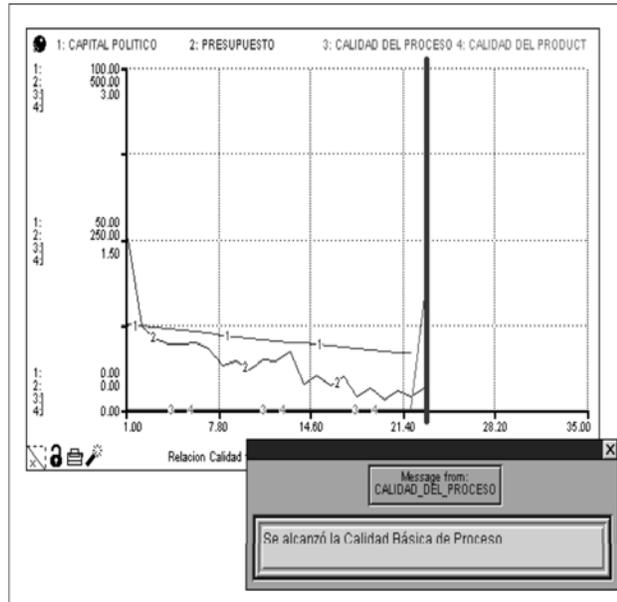


Figura 21. Impacto de la Calidad Sistémica en el Capital Político y el Presupuesto del proyecto, momento 1.

Se observa que el presupuesto ha disminuido hasta 31 (Bs. 3.1 millones), así como el capital político hasta 16.4% con una marcada tendencia a consumirse por la inversión en las métricas del proceso, hasta que en la semana 22 se logra la mejora en la percepción de la calidad del proceso (nivel básico).

En la figura 22 se muestra la relación entre la calidad sistémica, el capital político y presupuesto en el momento 2 de la ejecución.

Se observa que luego de contar con el nivel básico de la calidad del proceso se va logrando mejorar rápidamente el valor del capital político (82.4%) y en la semana 26 comienza a mejorar el presupuesto disponible hasta 139.5 (Bs. 13.9 millones). En la semana 30 se logra mejorar la percepción de la calidad del producto a un nivel intermedio, lográndose a su vez mejorar el nivel de calidad sistémica de nulo a básico.

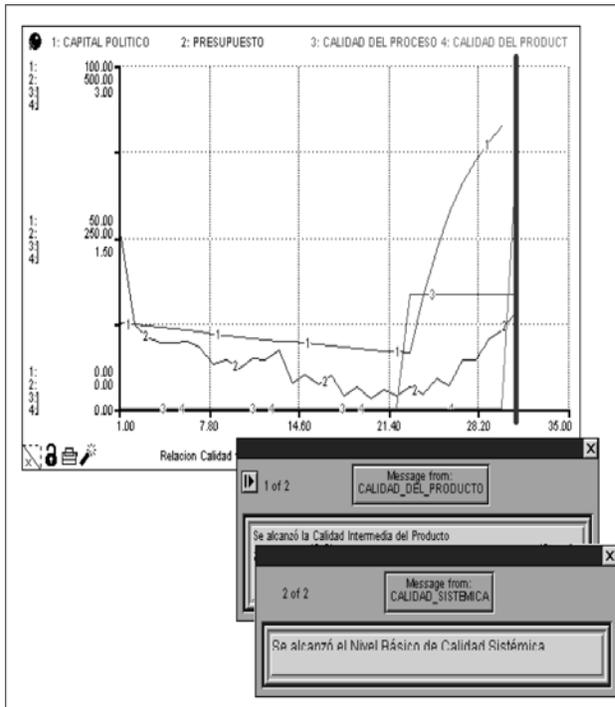


Figura 22. Impacto de la Calidad Sistémica en el Capital Político y el Presupuesto del proyecto, momento 2.

Finalmente, la figura 23 muestra la relación entre la calidad sistémica, el capital político y presupuesto en el momento 3 de la ejecución.

Se observa que el capital político culmina con un nivel muy aceptable de 98%, lo cual es efecto de haber logrado cumplir con las promesas de mejoras en los niveles de la Calidad. Este porcentaje se traduce en un alto grado de confianza y respaldo (en presupuesto y personal) para llevar a cabo nuevos proyectos en la ONC.

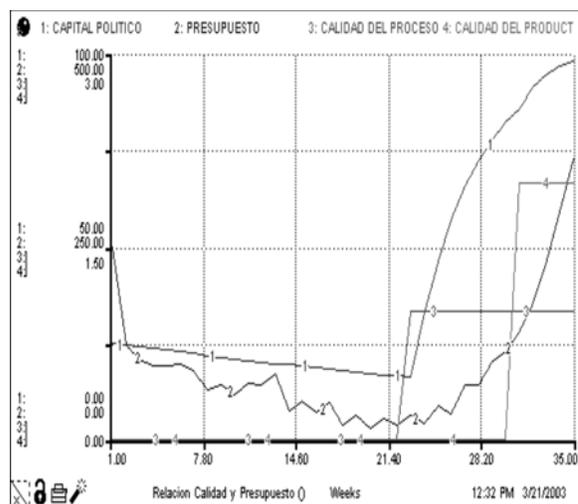


Figura 23. Impacto de la Calidad Sistémica en el Capital Político y el Presupuesto del proyecto, momento 3.

El nivel del presupuesto disponible culminó en 363.3 (Bs. 36.3 millones), lo que se traduce en un uso eficiente del recurso presupuesto, ya que a pesar de haber recibido una gran asignación de presupuesto durante el proyecto, se lograron los objetivos propuestos con una economía de recursos. También se puede observar que aunque se necesita una inversión de 70.5 millones para aumentar los niveles de calidad, no es necesario contar con ello desde la semana 1 sino que se puede obtener paulatinamente.

Comparación entre la guía del estudio de caso y los resultados obtenidos

Con los datos obtenidos al aplicar MOSCA en la ONC y luego de ejecutar el modelo dinámico del INFOCAS, se pueden visualizar los cambios que se producen en la calidad del producto, en la calidad del proceso y por tanto en la calidad sistémica en la ONC.

La figura 24 muestra la calidad del producto de la ONC obtenida al aplicar MOSCA y ejecutar el modelo dinámico del INFOCAS, nótese que al ejecutar los cambios propuestos por el INFOCAS, aumenta el porcentaje de satisfacción de las tres categorías analizadas en la ONC. La categoría funcionalidad (FUN) de un valor de 38% se incrementa a un valor del 75% al aplicar INFOCAS, la categoría fiabilidad (FIA) de un valor del 67% se incrementa a un valor del 83% y la categoría usabilidad (USA) de un valor de 44% se incrementa a un valor del 50%.

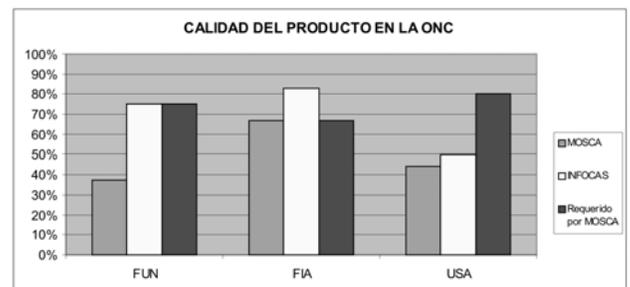


Figura 24. Calidad del Producto en la ONC al aplicar MOSCA e INFOCAS.

Es importante resaltar que el objetivo del INFOCAS para la calidad del producto es aumentar el nivel de la categoría funcionalidad al mínimo exigido por MOSCA y al estar satisfecha la fiabilidad, el nivel de la calidad del producto en la ONC se acredita como Nivel Intermedio.

Aunque sólo era necesario aumentar el valor de la funcionalidad para alcanzar el nivel intermedio de la calidad del producto, también aumentaron los valores de la fiabilidad y la usabilidad, lo cual refleja el carácter dinámico de la calidad, pues para influir en el valor de la funcionalidad fue

necesario aumentar el valor de sus métricas candidatas. Esto se logró aumentando el valor de las métricas del proceso que influyen sobre ellas. Estas métricas del proceso además de influir en la funcionalidad también influyen en menor proporción en las categorías fiabilidad y usabilidad. En la tabla 13 se detalla en que semana la funcionalidad y la fiabilidad consiguieron estar altamente satisfechas (filas sombreadas). El valor 0 significa que no está satisfecha y el valor 1 indica que está altamente satisfecha.

La tabla 13 muestra la fiabilidad está satisfecha en la semana 1 pues la ONC contaba con esta categoría antes de aplicar INFOCAS, luego en la semana 30 se obtiene la categoría funcionalidad, esto se explica por la naturaleza del negocio del caso de estudio (gobierno), donde la fiabilidad tiene una mayor relevancia por tratarse del manejo y control del presupuesto de la nación, sobre la funcionalidad, que se puede ser satisfecha más adelante dado el obligatoriedad de la aplicación. La usabilidad no se refleja pues no logró alcanzar el mínimo requerido por MOSCA, al sólo mejorar su valor en un 6%.

Tabla 13. Satisfacción de las Categorías FUN y FIA por semana.

Weeks	CATEGORIAS DEL PRODUCTO[FUN]	CATEGORIAS DEL PRODUCTO[FIA]
Initial	0	0
1	0	1
2	0	1
3	0	1
28	0	1
29	0	1
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	1	1
34	1	1

La figura 25 muestra la calidad del proceso de la ONC obtenida al aplicar MOSCA y al ejecutar el modelo dinámico del INFOCAS, nótese que el porcentaje de satisfacción de la categoría Cliente-Proveedor (CUS) de un valor de 50% se incrementa a un valor del 75%, la categoría Ingeniería (ENG) de un valor de 0% se incrementa a un valor de 100% y la categoría soporte (SUP) de un valor de 13% se incrementa a un valor del 25%. Las categorías Gestión (MAN) y Organizacional (ORG) permanecen con sus valores 0% y 11% respectivamente, pues para estas categorías no era necesario mejorar el valor de sus métricas del proceso a fin de alcanzar el mínimo requerido por MOSCA.

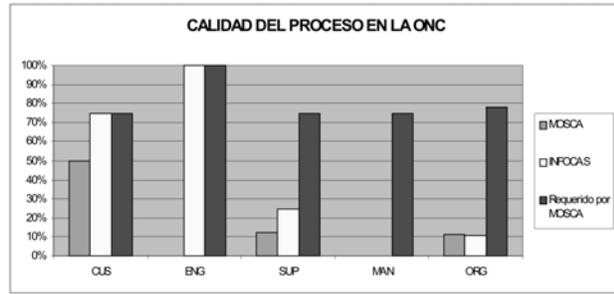


Figura 25. Calidad del Proceso en la ONC al aplicar MOSCA e INFOCAS.

Al mejorar el nivel de la categoría CUS (75%) y ENG (100%), el nivel de la calidad del producto en la ONC pasa a un nivel básico. Nótese que aunque sólo era necesario aumentar el valor de estas categorías, también aumentó el valor de la categoría SUP, lo cual nuevamente refleja el carácter dinámico de la calidad, dado que, para influir en el valor de la funcionalidad del producto, fue necesario aumentar el valor de sus métricas candidatas. Esto se logró aumentando el valor de las métricas del proceso que influyen sobre ellas, estas métricas del proceso también influyen aunque en menor proporción en la categoría SUP del proceso. En cuanto a MAN no aumenta su valor pues dentro de las métricas del proceso que el INFOCAS propone cambiar (tabla 14) sólo una práctica base pertenece a esta categoría y el aumento de su valor no fue suficiente para aumentar esta categoría.

En la tabla 14 se puede observar que primero se alcanza la categoría CUS en la semana 12 y luego en la semana 22 se obtiene la categoría ENG, esto ocurre debido a que CUS ya tenía un valor ganado (50%) sobre ENG (0%) que debía ser mejorar completamente. En cuanto a SUP y MAN no se reflejan pues no logró alcanzar el mínimo requerido por MOSCA.

En la tabla 15 se detalla en cual semana las categorías CUS y ENG consiguen estar altamente satisfechas. El valor 0 significa que no está satisfecha y el valor 1 indica que está altamente satisfecha.

Una vez analizados los resultados de la investigación se concluye la evaluación de la primera versión del modelo INFOCAS.

Reporte del estudio de caso

Se aplicó el modelo INFOCAS a una organización venezolana, para lo cual se partió de la estimación del nivel de calidad sistémica indicado por MOSCA y se determinó las necesidades de mejoras y las orientaciones para alcanzar el nivel de Calidad Sistémica de un proyecto de software. Como resultado de esta aplicación y conclusiones se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14. Prácticas Base propuesta por INFOCAS para mejorar el Nivel de Calidad Sistemica de la ONC.

Métricas Proceso	Tiempo sem/h	Costo 100 mil/Bs
1 de CUS1	8	4
4 de CUS1	8	4
5 de CUS1	8	4
6 de CUS1	8	4
8 de CUS1	4	4
12 de CUS1	35	4
2 de CUS2	4	4
3 de CUS2	2	4
4 de CUS2	4	4
5 de CUS2	24	4
1 de ENG1	6	4
6 de ENG1	6	4
8 de ENG1	8	4
9 de ENG1	8	4
10 de ENG1	12	4
7 de ENG2	2	4
8 de ENG2	1	6
9 de ENG2	1	4
11 de ENG2	1	6
12 de ENG2	12	4
4 de SUP1	4	2
5 de SUP3	35	4
1 de SUP4	35	4
1 de SUP5	6	4
2 de SUP5	12	4
6 de SUP5	12	4
6 de SUP6	35	4
SUP7	8	4
1 de SUP7	4	4
2 de MAN3	12	4

- Al aumentar el valor de las métricas del proceso se logra influir sobre el valor de la(s) métrica(s) asociada(s).
- Al mejorar la percepción de la calidad del proceso de desarrollo y la calidad del producto, se logra incrementar el capital político y posteriormente aumenta el presupuesto asignado al proyecto.
- El tiempo requerido para alcanzar las métricas del proceso dependerá del personal y presupuesto disponible del proyecto en la ONC.

Tabla 15. Satisfacción de las Categorías CUS y ENG por semana.

Weeks	CATEGORIAS DEL PROCESO[CUS]	CATEGORIAS DEL PROCESO[ENG]
Initial	0.00	0.00
1	0.00	0.00
2	0.00	0.00
10	0.00	0.00
11	0.00	0.00
12	1.00	0.00
13	1.00	0.00
14	1.00	0.00
15	1.00	0.00
16	1.00	0.00
17	1.00	0.00
18	1.00	0.00
19	1.00	0.00
20	1.00	0.00
21	1.00	0.00
22	1.00	1.00
23	1.00	1.00
24	1.00	1.00
25	1.00	1.00
26	1.00	1.00
27	1.00	1.00

- Para la ONC resulta más atractivo mantener un nivel alto de eficiencia ya que le permite asegurar características como completitud, correctitud, consistencia entre otras, lo cual garantiza el cumplimiento de la ley de presupuesto.
- Al mejorar las métricas del proceso propuestas por el INFOCAS (tabla 14), será posible mejorar el nivel de la calidad sistémica de la ONC de Nulo a Básico.
- El nivel del presupuesto disponible para la ONC culminó en 363.3 (Bs. 36.3 millones), lo que se traduce en un uso eficiente del recurso presupuesto, ya que a pesar de haber recibido y utilizado una gran asignación de presupuesto durante el proyecto, se lograron los objetivos propuestos con una economía de recursos.
- El horizonte de tiempo que se estimó para alcanzar el nivel básico de las calidad sistémica era de 35 semanas, sin embargo, según el modelo dinámico el tiempo requerido para aumentar el nivel de la calidad sistémica en la ONC es de 30 semanas (7,5 meses), esto se debe al ahorro de tiempo logrado al alcanzar la calidad sistémica.

CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

Como punto de partida, se integraron formalmente los modelos de calidad de procesos y de calidad producto con enfoque sistémico desarrollados por el LISI. Estos modelos estiman la calidad del producto de software y su proceso de desarrollo de manera global

Para ello fue necesario concebir un método de integración que permitiera combinar los modelos de calidad del producto y del proceso (MOSCA), estudiando sus relaciones y ayudando a crear los vínculos formales entre ellos, lo cual dio como resultado el modelo INFOCAS el cual es un sistema de diagnóstico y pronóstico. Se propuso un flujograma para la aplicación del modelo INFOCAS el cual permite mejorar el nivel actual de calidad sistémica en la organización.

Existen propuestas de integración anteriores que buscan combinar los modelos de calidad de proceso y de calidad de producto desarrollados por el LISI adoptando en cada caso estrategias y niveles de integración distintos (Mendoza *et al.* 2001, 2002, 2005); sin embargo, esta propuesta que se formuló añade el carácter formal así como la dimensión dinámica a la integración, producto de esta investigación. La formalidad de la integración permite verificar que el modelo integrado resultante cuenta con ciertas características que definen su comportamiento en relación con el medio ambiente y la relación de sus componentes entre sí, y asegurar que posee un propósito y límite bien definidos, lo cual ayuda a garantizar su continuidad en el tiempo.

En el contexto de esta integración, el elemento «proyecto» constituye el contexto que debe ser tomado en cuenta en INFOCAS para cualquier integración de modelos de calidad, ya que éste agrupa los elementos que componen los modelos de calidad e influyen sobre la efectividad y la eficiencia del producto y del proceso del desarrollo de software.

La ventaja que ofrece INFOCAS con respecto a MOSCA es que INFOCAS complementa a MOSCA, ya que luego de la evaluación de la calidad con MOSCA, INFOCAS ayuda a predecir los pasos a seguir para mejorar el valor de la calidad sistémica obtenido.

Se sugiere para otros trabajos de investigación, evaluar la posibilidad de aplicar el modelo INFOCAS en otros contextos, tales como compañías e instituciones venezolanas desarrolladoras de software, con el fin de obtener su refinamiento.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) de la República Bolivariana de Venezuela, a través del proyecto S1-2000000437. Los autores desean expresar su agradecimiento a A. Mejías y J. Solano por su colaboración en la culminación de este trabajo.

REFERENCIAS

- BASKERVILLE, R. Y WOOD-HARPER, A. (1999). A critical perspective on Action Research as a Method for Information Systems Research. *Journal of Information Technology*,(11)3, 235-246 p.
- BASKERVILLE, R. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. *Communications of the AIS*, Vol. 2 art. 19.
- CALLAOS, N. (1995). Metodología Sistémica de Sistemas. Trabajo de Ascenso. Universidad Simón Bolívar.
- CALLAOS, N Y CALLAOS, B. (1996). Designing With A Systemic Total Quality. *Proceedings of the International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis*. ISAS '96. Orlando USA.
- CALLAOS, N. (1999). Bajar la eficiencia y subir la efectividad. *Entrevista en Venesoft*. Año 1.
- CLEMENTS, P. (2000). *Constructing Superior Software* The Software Quality Institute Series. Macmillan Technical Publishing.
- IThINK MANUAL*. (1994). High Performance Systems, Inc., Hanover, NH.
- LISI, Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información de la Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. Disponible en línea: www.lisi.usb.ve.
- MENDOZA L., PÉREZ M. Y ROJAS T. (2001). Modelo Sistémico para Estimar la Calidad de los Sistemas de Software (MOSCA), ASOVAC.
- MENDOZA, L. Y PÉREZ, M. (2002). Proceso Sistémico para la Selección de Herramientas CASE, ASOVAC.
- MENDOZA, L., PÉREZ, M. Y GRIMÁN, A. (2005). Prototipo de Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA) del software. *Computación y Sistema*. Vol. VIII. N°3 (En prensa).
- OFICINA NACIONAL DE CONTABILIDAD PÚBLICA. (2002). Manual de Estructura de la ONC. <http://www.onc.gov.ve>.
- ORTEGA, M; PÉREZ, M Y ROJAS, T. (2000). Modelo para la calidad del producto de software con enfoque sistémico. *Proceeding of ISAS 2000*. Orlando.
- ORTEGA, M; PÉREZ, M. A. Y ROJAS, T. (2003). Construction of a Systemic Quality Model for evaluating a Software

- Product. *Software Quality Journal*. Kluwer Academic Publishers. 11:3. pp. 219-242.
- PÉREZ, M.; ROJAS T.; ORTEGA, M. Y CALDERA, A. (1999). Toward Systemic Quality: Case study, in *4Th Squad Meeting*, Squad, Porlamar, Venezuela.
- PÉREZ, M.; ROJAS, T.; MENDOZA, L. Y GRIMÁN, A. (2001). Modelo para la evaluación de la calidad del proceso de desarrollo de sistemas. *AMCIS 2001*. Boston, Massachussets, USA.
- PÉREZ, M.; SOLANO, J.; ROJAS, T. Y GRIMÁN, A. (2002). Software Quality Management using Balaced Scorecard, *AMCIS 2002*. Dallas. USA.
- PÉREZ, M.; ROJAS, T.; MENDOZA, L. Y GRIMAN, A. (2004). A Systemic Methodological Framework for IS Research. *AMCIS 2004*. New York, USA.
- ROJAS, T.; PÉREZ, M.; ORTEGA, M.; Y CALDERA, A. (1999). Toward Systemic Quality: Case Study. *4th Meeting of SQUAD*. Venezuela.
- ROJAS, T Y PÉREZ, M. (1995). Improvement in the Development of Information Systems by Increasing its Process Effectiveness. *Proceedings of ISAS '95*. Baden-Baden, Germany.
- SOMMERVILLE, I. (2001). *Software Engineering*, ed .6ta. Addison-Wesley. Boston. p. 677.
- TAYLOR, G. (2000). *Integrating Quantitative and qualitative methods in reseach*. University Press of America. p. 245.
- YOURDON, E. (1999). Death March: The Complete Software Developer's Guide to Surviving. «Mission Impossible» Projects. Prentice Hall International, Englewood Cliffs, New Jersey.