

# ¿Cómo se relacionan la Calidad Sistémica y la Productividad en el Proceso de Desarrollo de Software?

Edumilis M. MÉNDEZ, María A. PÉREZ, Anna C. GRIMÁN, Luis E. MENDOZA  
Dpto. de Procesos y Sistemas, LISI. Universidad Simón Bolívar.  
Valle de Sartenejas, Estado Miranda. Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela.  
e-mail: [edumilism@cantv.net](mailto:edumilism@cantv.net), [movalles@usb.ve](mailto:movalles@usb.ve), [agriman@usb.ve](mailto:agriman@usb.ve) y [lmendoza@usb.ve](mailto:lmendoza@usb.ve)

## RESUMEN

La gerencia de la calidad en las industrias manufactureras ha permitido mejorar los índices de productividad en estas organizaciones, conduciendo a muchos autores a señalar que una alta calidad conlleva a una alta productividad. Sin embargo, esta relación entre la Calidad Sistémica y la Productividad no ha sido estudiada en las empresas desarrolladoras de sistemas de software. Este artículo tiene por objetivo describir una Caracterización de la relación entre la Calidad y la Productividad en el proceso de desarrollo de Sistemas de Software utilizando dos herramientas: El Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA) y el Manual de FIM-Productividad; este último adaptado a las empresas del sector de Software. Como resultado, se comprobó la efectividad de la adaptación del Manual de FIM-Productividad para el sector software; se realizó el diagnóstico de la Calidad Sistémica y de la Productividad a través del Estudio de un Caso, lo que condujo a comprobar la efectividad/validez de la Caracterización propuesta.

**Palabras Claves:** Calidad Sistémica, Productividad, Relación entre modelos, Software, Gestión de Calidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la Gestión de Calidad (GC) asume una visión de Calidad Total, por lo que pasa a llamarse *Gestión de Calidad Total (GCT)*, y que Juran y Gryna [4] definen como el sistema de actividades dirigidas al logro de los clientes satisfechos, empleados capaces, ingresos mayores y costos más bajos.

Esta nueva forma de hacer negocios permite garantizar la sobrevivencia en una competencia a nivel mundial ya que su beneficio está en ofrecer a los clientes un producto de calidad, lo que se devolverá en una reducción de los costos, un aumento de la productividad y un fortalecimiento de la competitividad dentro del mercado [1].

La **Calidad del Software**, según Pressman [11], es la concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente. La importancia de cada característica de calidad varía dependiendo del tipo de software y del contexto [11].

La gestión de calidad del software guarda una estrecha relación con la realizada para los sistemas de manufactura tradicionales al estructurarse básicamente con los mismos procesos: ambas hablan de una planificación, un control y un aseguramiento, no así con el mejoramiento, el cual no se señala explícitamente en la gestión del software [12]. Sin embargo, se piensa que está

contenido implícitamente a través de la documentación de los proyectos ya que permite hacer un seguimiento de los resultados obtenidos en proyectos similares con la finalidad de determinar si es necesaria la optimización de los procesos que lo apoyan.

En este sentido, el aseguramiento de la calidad del software no radica únicamente en la calidad del producto sino también de la calidad del proceso; es decir, de las interrelaciones entre las tecnologías, el recurso humano y su estructura. Para ello, es necesario que se visualice un enfoque sistémico que permita adoptar una calidad orientada a la eficiencia/efectividad, tanto de los procesos como del producto, desde las perspectivas del cliente y del usuario. Tomando en cuenta que, desde el punto de vista gerencial, el concepto de productividad se localiza en las relaciones del sistema administrativo y la organización concreta de la actividad.

Los objetivos de esta investigación son: 1) La propuesta de una herramienta efectiva para la medición de la productividad del proceso de desarrollo de sistemas de software y, 2) Una propuesta efectiva de la caracterización entre la Calidad Sistémica y la Productividad en el desarrollo de Sistemas de Información en una primera versión, siendo estos resultados parciales por encontrarse la investigación en progreso. En este sentido, se hizo recomendaciones a la Empresa “TELECOM” en cuanto a las características de MOSCA que debe mejorar para aumentar la productividad de su proceso de desarrollo.

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: inicialmente se muestran los conceptos de Calidad Sistémica y de Productividad en conjunto con las herramientas que permitieron establecer la relación entre ambos conceptos. Seguidamente, se presenta la propuesta de caracterización en sus tres niveles: Alto, Medio y Bajo. Luego, se plantea el Estudio de Caso y el Análisis de los resultados. Finalmente, se indican las Conclusiones y Recomendaciones a las que se llegaron con este estudio.

## 2. CALIDAD SISTÉMICA

En un contexto global, la calidad sistémica es planteada por Callaos y Callaos [2] bajo tres relaciones: Producto-Proceso, Eficiencia-Efectividad (Aspectos Internos – Aspectos Contextuales) y Usuario-Cliente (ver Figura 1).

Combinando el nivel de calidad de las características internas (Aspecto Interno) y el nivel de calidad del contexto organizacional (Aspecto Contextual), se identifica la presencia de ocho calidades de los Sistemas de Información: Aspectos Internos y Contextuales del Proceso, Aspectos Internos y Contextuales del Producto, tanto en el punto de vista del Usuario como del Cliente, donde en algunas oportunidades pueden ser la misma persona.

Para operacionalizar a las dimensiones de la Matriz de la Calidad Global Sistémica es necesario hacer una gestión de calidad del software que incluya el aseguramiento de la calidad del software; la cual comprende la definición o selección de estándares aplicables al proceso de desarrollo de software o a los productos de software. Estos estándares pueden estar embebidos en procedimientos o procesos aplicables durante el desarrollo [12].

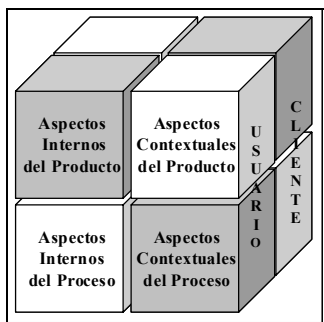


Figura 1. Matriz Global de la Calidad Sistémica, Adaptado de [2].

Este enfoque de calidad está operacionalizado en el Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA) presentado por Mendoza et al. [8, 9, 10]. Un punto de partida para definir una relación entre la calidad del software y la productividad es contar con un modelo o instrumento que permita estimar la Calidad y la Productividad presentes en el desarrollo del Sistema de Software.

### Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA)

Este modelo permite medir la Calidad Sistémica de un Sistema de Software: tomando en cuenta tanto la calidad del producto de software como la calidad del proceso de desarrollo del mismo, con base a la matriz global de calidad sistémica de Callaos y Callaos [2]. MOSCA consta en su primera versión de cuatro (4) niveles, los cuales están indicados en la Figura 2 y se detallan a continuación:

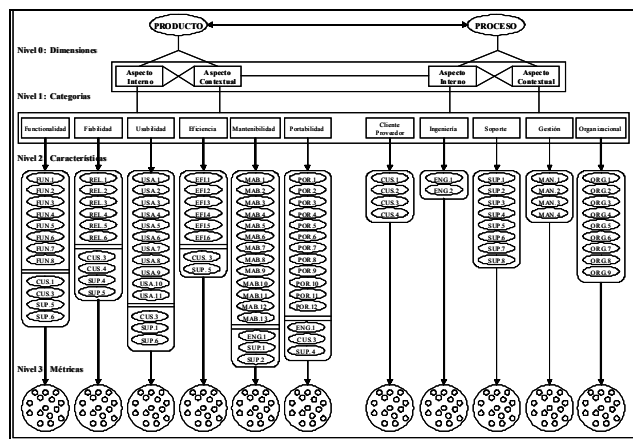


Figura 2. Modelo de calidad sistémica del software [8, 9, 10].

- **Nivel 0: Dimensiones.** Las cuatro dimensiones propuestas por MOSCA son: Aspectos Internos y Contextuales del Proceso, Aspectos Internos y Contextuales del Producto.
- **Nivel 1: Categorías.** Este nivel contempla once (11) categorías, de las cuales seis (6) pertenecen al Producto y cinco (5) al Proceso de desarrollo.
- **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, tanto en el producto como en el proceso.

- **Nivel 3: Métricas.** Este nivel corresponde a las métricas que permiten medir el cumplimiento de cada Característica de calidad tanto del proceso como del producto de software. Existe un total de 587 métricas para realizar la medición del software y/o el proceso de su desarrollo.

MOSCA fue útil a los efectos de esta investigación ya que tiene una visión global del proceso de desarrollo de Sistemas de Software [8, 9, 10]. Además, por apoyarse en las Dimensiones “Eficiencia (Aspectos Internos) y Efectividad (Aspectos Externos)”, permitió establecer una relación con el concepto de productividad aquí tratado mediante la estrategia de integración de *conceptos compartidos*.

### 3. PRODUCTIVIDAD

Concebida de una manera amplia, la Productividad es un concepto general ya que puede ampliarse a diversas entidades, que varían desde un individuo o una máquina hasta una compañía, industria o una economía nacional [6]. Así mismo, una mayor productividad proviene de tres fuentes primarias: tecnología, destreza administrativa y esfuerzo humano [5]. Lo que implica la integración efectiva de la tecnología, la estructura, los procesos administrativos y el personal. Así mismo, a **nivel de la Productividad del Software**, Sommerville [12] indica que factores como: el personal, la motivación, el trabajo en grupo, la comunicación, el entorno del trabajo, el enfoque del cambio y las herramientas CASE inciden en la productividad del software.

Sumanth [14] expone que con frecuencia se confunden entre sí los términos productividad, eficiencia y efectividad, los cuales fueron definidos y analizados semánticamente, en esta investigación, para establecer relaciones. **La productividad** es una combinación de ambas, ya que la efectividad está relacionada con el desempeño y la eficiencia con la utilización de los recursos.

La diferencia entre la Eficacia y la Productividad se da a largo plazo ya que la primera de éstas establece un resultado en sólo un período de tiempo y la segunda, necesita los valores de períodos anteriores para establecer si hubo una mejora de la productividad.

En este sentido, la productividad es el cociente entre los productos obtenidos y los recursos empleados. A simple vista sería como salidas/entradas y en cierta forma tiende a pensarse solamente en eficiencia de los recursos. Se considera que guarda relación con la efectividad debido a que los procesos deben generar productos parciales que cumplan con los objetivos trazados (efectividad del producto y proceso). Los recursos se deben emplear eficientemente a fin de cumplir con la planificación pautada para los procesos (eficiencia del producto y del proceso).

A fin de estimar la Productividad en el desarrollo de Sistemas de Software, se tomó como referencia el Manual de FIM-Productividad, el cual ha sido aplicado a empresas de manufactura en Venezuela [3].

#### Manual FIM – Productividad

En Venezuela, el Fondo para la Investigación y Mejoramiento de la Productividad (FIM – Productividad) diseñó un manual

para responder a las necesidades de las empresas de manufactura de contar con un instrumento que permita conocer la situación general de una empresa respecto a las “buenas prácticas de gestión” en los sistemas productivos, entendiendo que los resultados de una alta o baja calidad y productividad, así como las posibilidades de mejoras futuras, dependerá directamente de ellas [3].

Las áreas o factores a evaluar en las organizaciones (ver Tabla 1), incluyen todos los aspectos de la empresa que inciden en la calidad y la productividad (unos en un mayor o menor grado que otros).

Este instrumento fue de gran utilidad para esta investigación debido a que es un modelo probado, documentado y de fácil acceso; maneja los términos de eficiencia y de efectividad dentro del concepto de productividad; y además, lo relaciona con la calidad, por lo que sirvió de guía para formular la caracterización a través de la adaptación de esta herramienta a las necesidades de las empresas desarrolladoras de sistemas.

Área a evaluar	Sub-área
I. Gerencia	I.1. Gerencia y Entorno (Planificación Estratégica). I.2. Dirección y Control.
II. Organización, Información y Funciones	II.1 Estructura Funcional. II.2. Sistemas de Información. II.3. Normalización.
III. Recursos Humanos	III.1. Políticas. III.2. Sistemas de Administración del Personal. III.3. Políticas de Motivación.
IV. Planificación, Programación y Control de producción	IV.1. Planificación. IV.2. Programación. IV.3. Control.
V. Distribución en planta, Almacenamiento y Manejo de materiales	V.1. Distribución en planta. V.2. Almacenes. V.3. Manejo de Materiales.
VI. Suministros	VI.1. Política. VI.2. Planificación y Programación. VI.3. Control.
VII. Investigación y Desarrollo	VII.1. Diseño del Producto. VII.2. Diseño del Proceso. VII.3. Métodos de trabajo.
VIII. Mantenimiento	VIII.1. Políticas y Organización. VIII.2. Planificación y Programación. VIII.3. Control.
IX. Finanzas	IX.1. Política Financiera. IX.2. Presupuestos y Flujo de Caja. IX.3. Contabilidad de Costos y General.
X. Mercadeo	X.1. Políticas y Estrategias. X.2. Ejecución y Control.
XI. Ventas	XI.1. Políticas y Estrategias. XI.2. Ejecución y Control.
XII. Sistema de Control de Calidad	XII.1. Organización del Sistema. XII.2. Mediciones y Sistemas de Información. XII.3. Prevenciones y Correcciones.
XIII. Higiene y Seguridad Industrial	XIII.1. Política y Organización. XIII.2. Planificación y Programación. XIII.3. Control.

Tabla 1. Áreas de evaluación en el Manual FIM-Productividad [3].

Para proponer una Caracterización de la relación entre la Calidad Sistémica y la Productividad, inicialmente se estableció

la relación entre ambos conceptos mediante el análisis de las Características de MOSCA y las Sub-áreas de FIM-Productividad en términos de eficiencia y efectividad (Aspectos Internos y Contextuales) del proceso. No se toman en cuenta las características de la dimensión Producto debido a que éstas corresponden al Sistema de Software ya operativo y la investigación se hace a nivel del proceso de desarrollo del sistema; es decir, todo aquello que afecte la productividad del proyecto bajo un enfoque sistémico no sólo por la dimensión Eficiencia y Efectividad sino que también se visualiza a la Productividad en distintos niveles: a nivel individual, organizacional y del equipo del proyecto.

#### 4. PROPUESTA DE CARACTERIZACIÓN

Para formular la propuesta de caracterización se establecieron tres niveles de abstracción: (1) Mapa Estratégico – Propuesta de Caracterización Nivel Alto, (2) Ubicación de las relaciones en los niveles de productividad – Propuesta de Caracterización Nivel Medio y (3) Mapa de Relaciones Causales – Propuesta de Caracterización Nivel Bajo. A continuación se presenta en detalle cada uno de estos niveles.

**Mapa Estratégico – Propuesta de Caracterización Nivel Alto.** A fin de tener una visión macro de la organización desarrolladora de sistemas como un sistema abierto y relacionar los conceptos de Calidad y Productividad, se toma como referencia a Solano et al. [13] quienes presentan un *Mapa estratégico*, que trabaja como un modelo sistémico; éste ayudó a traducir la visión y la estrategia de una organización en objetivos estratégicos específicos, que son controlados a través de un conjunto coherente de indicadores de actuación que son de utilidad para esta investigación. Además, este modelo incorpora la estrategia de calidad en el proceso de desarrollo de los sistemas.

Este modelo plantea a la Productividad como un indicador desde un ámbito organizacional y lo ubica en la perspectiva financiera. Para efectos de la caracterización, es necesario ampliar este concepto mostrando los distintos niveles que se encuentran en la empresa, traduciéndolos en tres indicadores: **Productividad Organizacional** (Perspectiva Financiera), **Productividad del Proyecto** (Perspectiva Interna), y **Productividad Individual** (Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento). Además, se introducen las **Prácticas Bases y el Entrenamiento, tanto para la Calidad Sistémica como para la Productividad** (Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento), las cuales son parte vital para la adopción y el mejoramiento de cada uno de estos conceptos en la organización desarrolladora de software, ya que representan las acciones y políticas que se realizan para generar el producto de software.

En la Figura 3 se presenta la adaptación para la Caracterización de la relación entre la Calidad Sistémica y la Productividad en el Proceso de Desarrollo de Software (Nivel Alto o Macro). Como se observa, las **Prácticas Bases de Calidad Sistémica** influyen en la **Calidad del Proceso** al proporcionarle al equipo del proyecto los conocimientos y las herramientas necesarias para mejorar la **Calidad del Producto** (Calidad Sistémica).

La Calidad del Proceso permite que disminuyan los **Costos Operativos** (según la reacción en cadena de Deming, se produce en el mediano y largo plazo, ya que el aseguramiento de la calidad inicialmente se refleja como un aumento en los costos) por lo que aumenta la **Productividad del Proyecto** y la

**Organizacional** (los indicadores relacionados con los Costos Operativos mantienen una influencia inversa; es decir, en la

medida que aumente un indicador, el otro disminuye).

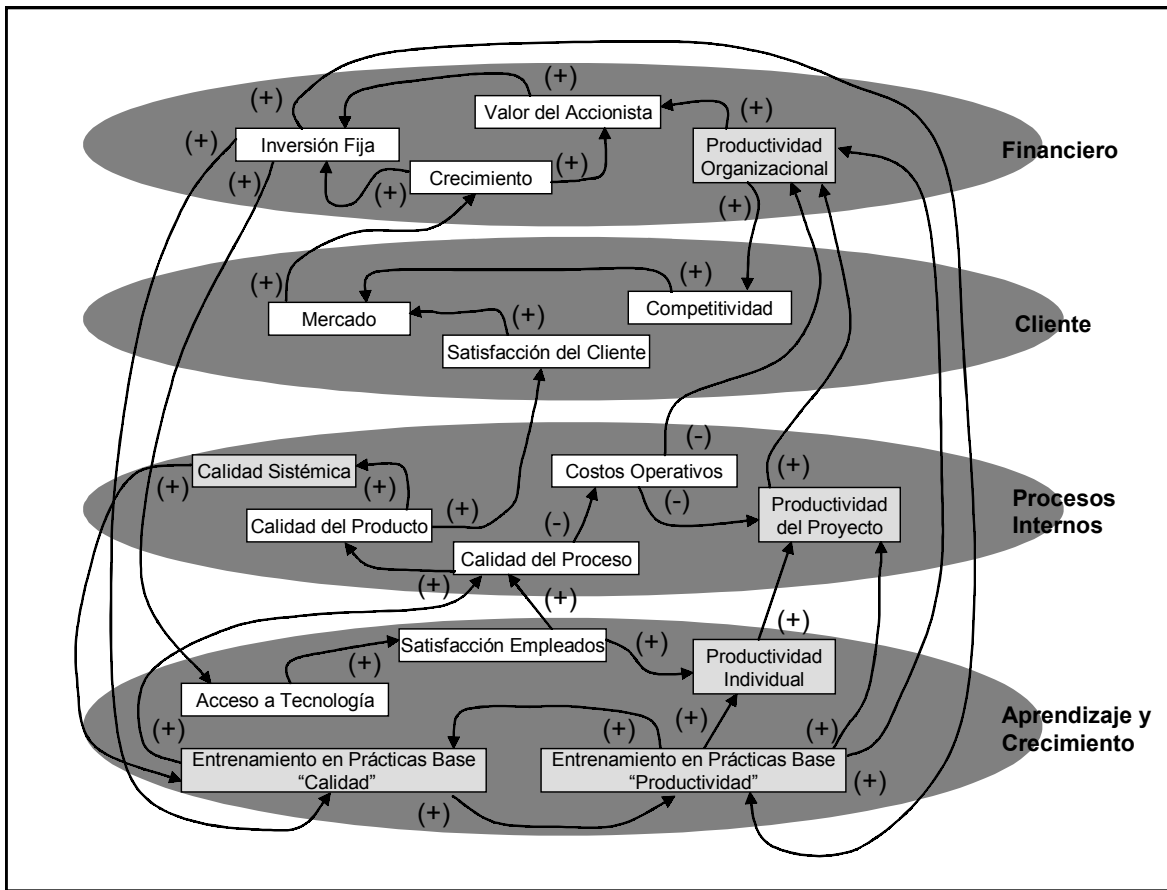


Figura 3. Caracterización de la relación entre Calidad Sistémica y Productividad en el proceso de desarrollo del Software-Nivel Alto.

La **Productividad Organizacional** mejora la **Competitividad** y el **Valor del Accionista**, lo cual le permite incrementar su inversión en la organización. La **Competitividad** influye en la cuota del **Mercado** y éste incide en el **Crecimiento**, permitiendo de esta forma que el Accionista aumente su **Inversión Fija**, y se extienda el **Acceso a las Tecnologías** y el **Entrenamiento en Prácticas Base de la Calidad** y de la **Productividad** al ofrecerle un nuevo entrenamiento al personal como “feedback” del proceso de aprendizaje. La inversión en nuevas tecnologías genera una mayor **Satisfacción de los Empleados** que incide en la **Calidad del Proceso** y en la **Productividad Individual**. La **Calidad del Producto** se traduce en un aumento de la **Satisfacción de los Clientes** por lo que propicia, también, un aumento de la porción del **Mercado**.

Todas las productividades se ven afectadas por el **Entrenamiento en Prácticas Bases de Productividad**. A medida que la organización aprende, éstas impactan sobre el **Entrenamiento en Prácticas Base de Calidad Sistémica** y **viceversa**, ya que necesitan actualizarse en la medida que se generen cambios en pro de la calidad del proceso y de la productividad en sus distintos niveles.

El hecho de que se mejore la Productividad Individual no es una garantía de que aumente la Productividad del equipo responsable del Proyecto; así como no es una garantía que si mejora la Productividad del equipo aumentará la Productividad

Organizacional debido a que intervienen factores que hacen de ésta una relación muy particular. Pero es conveniente aclarar que, si se ejecuta una gestión de recursos humanos eficaz para la calidad y la productividad, se garantizaría el primer paso para obtener un equipo de proyecto cohesionado y eficaz que permitiría en cierta medida obtener niveles óptimos de productividad a nivel organizacional.

**Ubicación de las relaciones en los niveles de productividad – Propuesta de Caracterización Nivel Medio.**

Fue necesario utilizar una nomenclatura para sintetizar las relaciones desde las Características de MOSCA hacia las Sub-áreas de FIM-Productividad a través de la Figura 4. En ella se enmarcan las relaciones a través de una leyenda, con la finalidad de ubicarlas dependiendo del impacto que tienen las Sub-áreas de FIM-Productividad hacia los niveles de la productividad organizacional, la productividad del equipo responsable del proyecto o la productividad individual. En su mayoría, estas relaciones apuntan a los tres niveles. Por ejemplo, C1-1 indica la relación de CUS.1 (Adquisición del Sistema o Producto de Software) hacia las Políticas y Estrategias de Mercadeo (X.1). **La Política de Mercadeo (X.1) afecta tanto a la Elicitación de Requerimientos (CUS.3) como a la Revisión Conjunta (SUP.6):** esta política valora la importancia del mercadeo para la definición y el seguimiento de la calidad de sus productos.

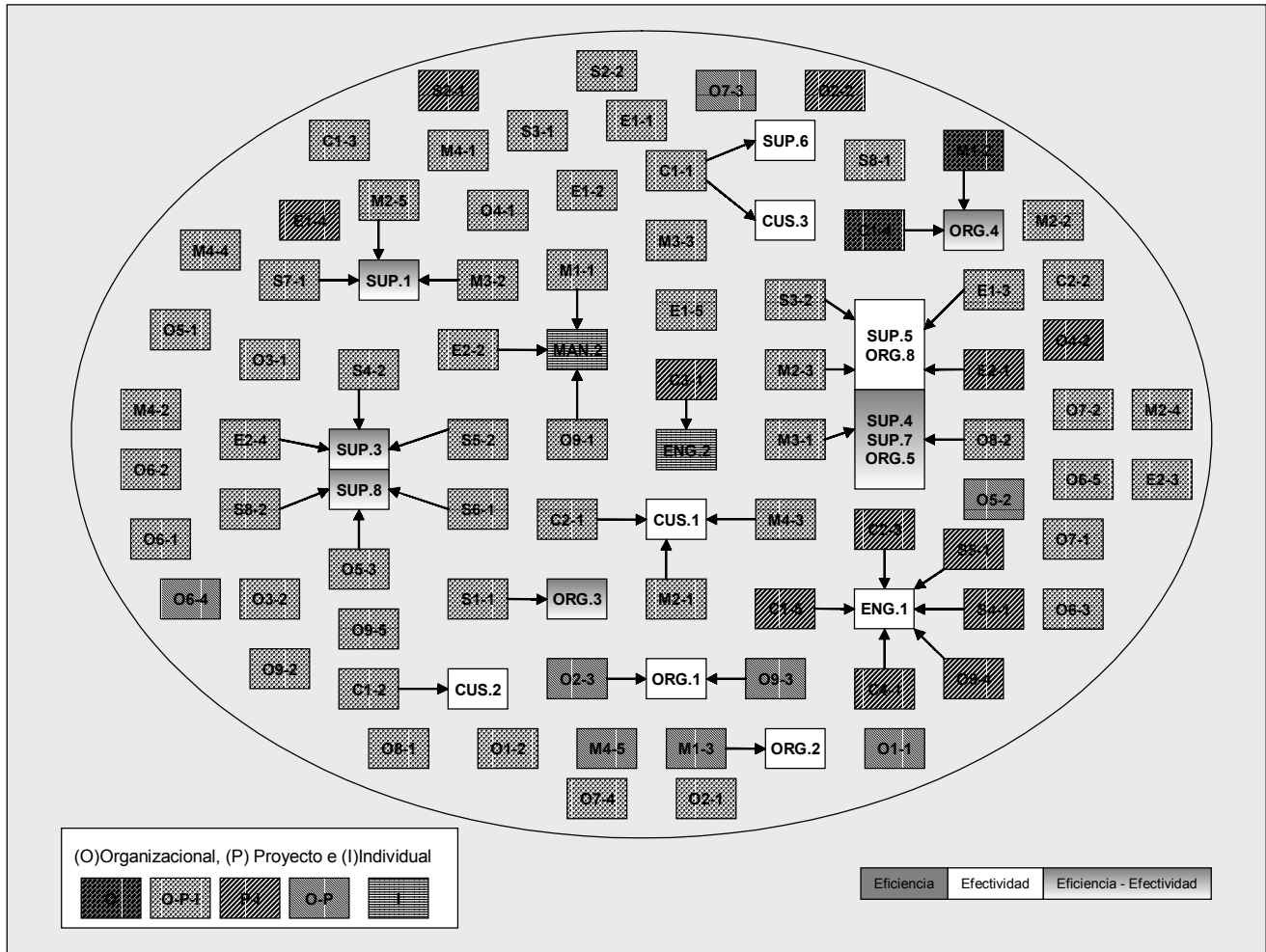


Figura 4. Ubicación de las relaciones en los distintos niveles de Productividad – Nivel Medio.

### Mapa de Relaciones – Propuesta de Caracterización Nivel Bajo.

La Figura 5 es producto del refinamiento de la Figura 4 y muestra el Mapa de Relaciones entre las Características de la Dimensión Proceso de MOSCA y las Sub-áreas de FIM-Productividad. En él se observan las influencias de más de una Característica de Calidad sobre una Sub-área de Productividad, lo que permite determinar su relevancia. Así mismo, existen lazos de retorno desde las Sub-áreas hacia las Características producto de una relación sistémica. En resumen, esta figura es una instanciación a bajo nivel de la Caracterización entre la Calidad Sistémica y la Productividad en el proceso de desarrollo de sistemas.

Por ejemplo, la Característica CUS.1 (Adquisición del Sistema o Producto de Software) tiene como finalidad obtener un producto que satisfaga las necesidades del cliente garantizando la aceptación del mismo. Por ello, afecta a *las Políticas y Estrategias de Mercadeo (X.1) y Ejecución y Control de Mercadeo (X.2)* a largo plazo ya que éstas persiguen la identificación y la satisfacción de las necesidades del cliente para realizar una definición y seguimiento de los productos; las cuales están alineadas con la *Gerencia y Entorno* (Planificación Estratégica – I.1) y las *Políticas y Estrategias de Ventas (XI.1)*. Además, permite realizar un *Diseño del Producto (VII.1)* de forma efectiva.

En este mapa se observa que aproximadamente el 92% de las Sub-áreas de FIM-Productividad tienen relación con las Características del Proceso de MOSCA. Esto induce a pensar que la Calidad influye en la Productividad. Las características más influyentes son *Adquisición del sistema o producto de software (CUS.1), Desarrollo (ENG.1), Gestión de Proyectos (MAN.2), Gestión de Calidad (MAN.3), Gestión del Riesgo (MAN.4), Gestión de Recursos Humanos (ORG.6), Infraestructura (ORG.7) y Reuso (ORG.9)*. La Gestión de Calidad (MAN.3) y Medición (ORG.8) están presentes implícitamente en cada una de las Sub-áreas del Manual de FIM-Productividad ya que para cada una de éstas se toma en cuenta a la calidad y su monitoreo.

También puede observarse que el 41% de las Características de MOSCA apuntan a la efectividad, el 37% a ambas y el 22% a la eficiencia. El 50% de las Sub-áreas de FIM-Productividad guardan relación con la eficiencia, seguidas de un 28% que está involucrado con la eficiencia/efectividad y el 22% restante con la efectividad. Esto quiere decir que existe un balance entre la búsqueda de la eficiencia y/o la efectividad en ambos modelos.

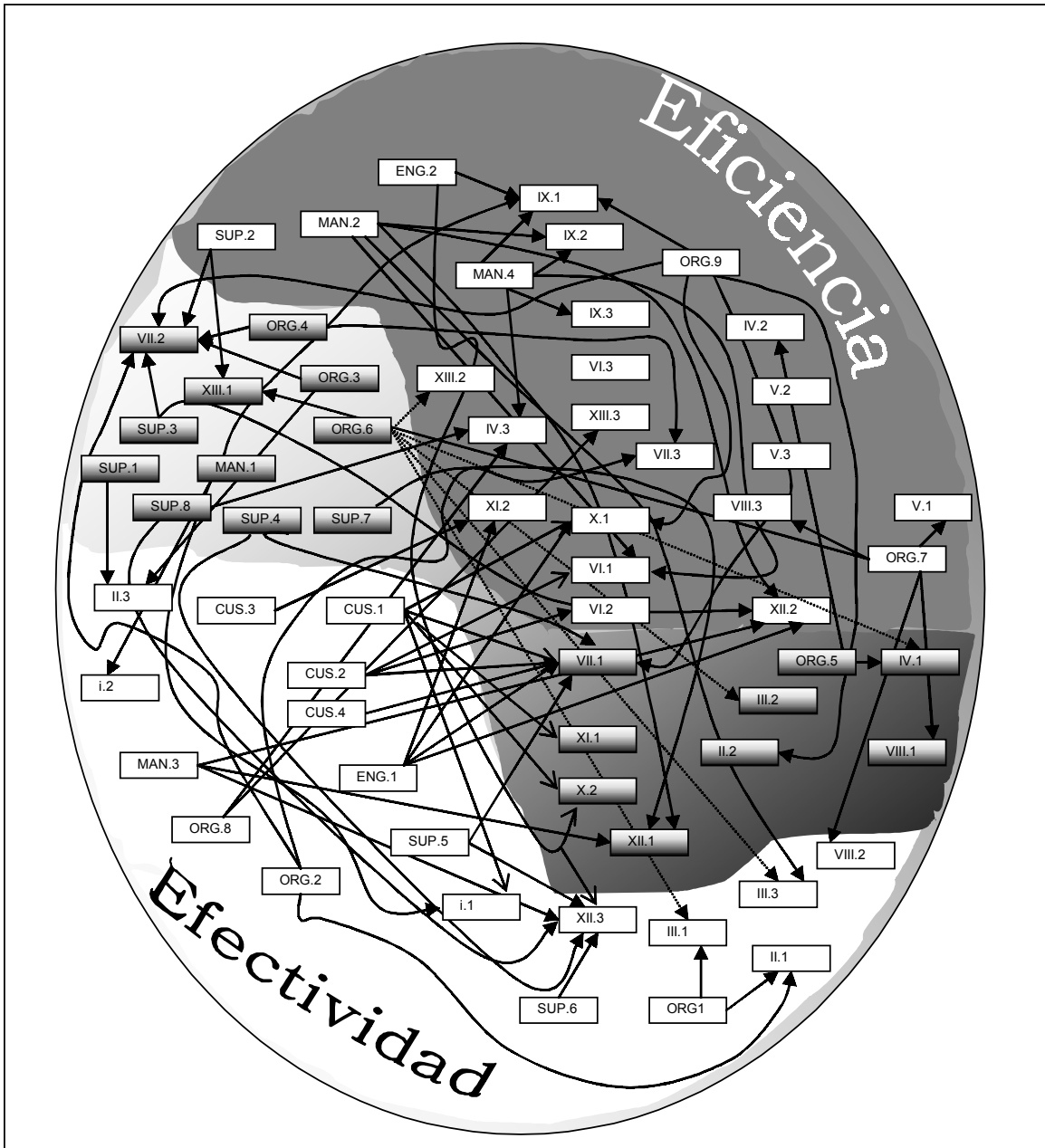


Figura 5. Mapa Relacional de las Características de la dimensión Proceso de MOSCA sobre las Sub-áreas de FIM-Productividad – Nivel Bajo.

Esta distribución permite deducir que la Productividad en el proceso de desarrollo de Sistemas de Software va a estar más influenciada por la eficiencia; claro está, sin descuidar la efectividad del mismo. Esto último, va a depender de los objetivos que se desean cumplir con el proyecto IT, para ello se debe formular una estrategia a fin de garantizar la mejor utilización de los insumos con el propósito de percibir la Productividad en términos de costo y tiempo. Es decir, la Productividad no se estaría aumentando si solamente existe un manejo adecuado de los recursos; se debe, además, cumplir con los requerimientos del proyecto. Es decir, se percibe la productividad siempre y cuando se obtenga un producto con calidad mediante el mejor empleo de los recursos.

Para comprobar las premisas iniciales de esta investigación fue necesario evaluarlas en un Sistema de Software reciente a través de un Estudio de Caso.

## 5. ESTUDIO DE CASO

La empresa venezolana desarrolladora de software donde se realizó el estudio, por razones de confidencialidad, se denominará Empresa "TELECOM". Las condiciones básicas para aplicar el estudio en una organización eran: ser una empresa desarrolladora de sistemas, el personal participante debía ser el mismo que trabajó en el proyecto a evaluar y debía ser de reciente fecha. La empresa "TELECOM" cumplió con tales requisitos.

Esta empresa desarrolla Soluciones de Internet Móvil utilizando la figura de portales private-label, portales que utilizan la marca y nombre del operador celular, para satisfacer las necesidades de las operadoras celulares (carriers) y sus mercados. Además, se especializa en el manejo y desarrollo de aplicaciones que, a través de los protocolos WAP, SMS, Voz y Web, permiten integrar contenidos apropiados para la Internet Móvil.

Para la evaluación de la propuesta se seleccionó un (1) proyecto emblemático y de reciente fecha: el proyecto se basa en una aplicación CHAT SMS (Space Messaging Service) la cual permite notificaciones de e-mail, recordatorios, alertas, resultados deportivos, cierres de mercados financieros, chistes, horóscopos, pronósticos del clima, reportes del tráfico, entre otros servicios de mensajería.

El procedimiento que se llevó a cabo consistió: (1) Verificar que la organización cumpliera con las condiciones básicas para ejecutar el estudio; (2) Aplicar MOSCA y el Manual de FIM-Productividad para el proyecto IT y analizar sus resultados; (3) Comparar los resultados entre las Características de MOSCA y las sub-áreas de FIM-Productividad a fin de analizar las relaciones propuestas en la caracterización; y (4) Presentar las conclusiones y resultados del Estudio de Caso.

Los instrumentos utilizados por ambas herramientas se basaron en Cuestionarios.

## 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para determinar la Calidad Sistémica y la Productividad del Sistema de Software evaluado, cada una de las herramientas utilizadas para estimar la calidad y la productividad se contó con un algoritmo que sirve como guía para la ejecución del estudio.

### Resultados de la Calidad Sistémica

Siguiendo con el algoritmo de MOSCA [9] se presentan a continuación los resultados de su aplicación en el proyecto evaluado.

**Fase 1: Calidad del Producto de Software:** Después de obtener los resultados de las tres categorías de la perspectiva producto (ver Figura 6), se concluyó que el nivel de calidad del Producto para el Sistema de Software evaluado fue Básico ya que sólo cumplió con la categoría FUNCIONALIDAD, las características asociadas a las categorías EFICIENCIA y MANTENIBILIDAD no alcanzaron el nivel mínimo establecido (75%).

**Fase 2: Calidad del Proceso de desarrollo del Software:** Debido a que ninguna categoría fue satisfecha (ver Figura 6), se retoma la clasificación de “NULA” expuesta en el trabajo de Mejías [7] la cual se indica para aquellos procesos que no cumplen con el mínimo requerido. En este sentido, el Sistema de Software evaluado tuvo un nivel de calidad del proceso NULO.

**Fase 3: Calidad Sistémica en la Organización:** Para determinar la Calidad Sistémica, fue necesario tomar como guía la clasificación de Mejías [7], la cual muestra una clasificación adaptada y ampliada de Mendoza et al. [8, 9], incluyendo el nivel de calidad “Nulo”. Por ende, se llega a la conclusión que el nivel de Calidad Sistémica fue NULO ya que la Calidad del

Producto fue BÁSICA y la Calidad del proceso de desarrollo fue NULA.

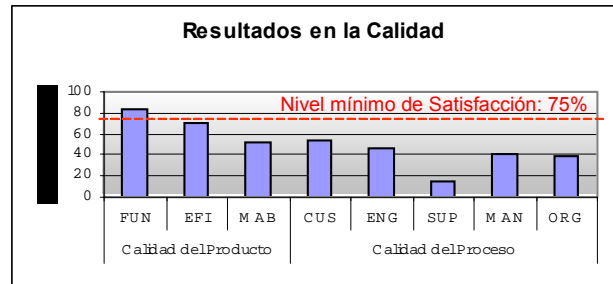


Figura 6. Resultados de la Calidad del Producto y del Proceso en el Sistema de Software.

### Resultado de la Evaluación de la Productividad del desarrollo del Sistema de Software.

Siguiendo con el algoritmo de la herramienta de FIM-Productividad, se tiene que como no fueron satisfechas las seis (6) áreas importantes para entrar en el nivel Básico como son: Gerencia (I); Organización, Información y Funciones de Normalización (II); Planificación, Programación y Control de Producción del Software (IV); Investigación y Desarrollo (VII), Sistema de Control de Calidad (XII); entonces, el nivel de Productividad del proceso de desarrollo para el Proyecto IT es Nulo (ver Figura 7). La mayoría de las Sub-áreas asociadas a las trece (13) áreas de FIM-Productividad no alcanzaron el 75% de cumplimiento. En La Figura 7, se puede observar que sólo dos (2) Areas sobrepasaron el 70%: el área de Suministros (VI) y el área de Finanzas (IX), lo que indica que deben reforzarse todas las áreas ya que en su promedio no alcanzaron el 30% de cumplimiento.

En este sentido, se puede concluir que según los resultados del presente Estudio de Caso, se comprobó la efectividad de las herramientas utilizadas: MOSCA y FIM-Productividad. Además, los resultados se tomaron como valores iniciales que serán contrastados con valores posteriores al mejoramiento del Entrenamiento de las Prácticas Bases de la Calidad y de la Productividad.

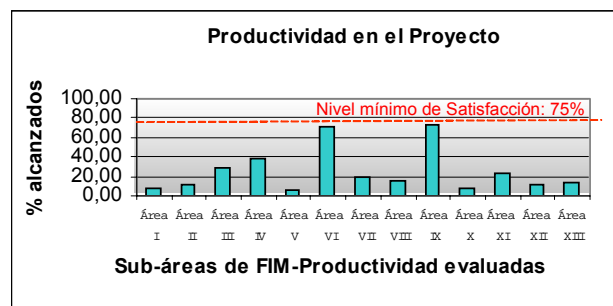


Figura 7. Resultados de la Productividad en el desarrollo del Sistema de Software.

### Resultados de la Caracterización

Con el propósito de profundizar el estudio sobre el impacto que tienen las características del proceso de MOSCA sobre las Sub-áreas de FIM-Productividad; es decir, cuáles características de las categorías del Proceso de MOSCA deben ser mejoradas para obtener una varianza en los niveles de productividad, se



desarrolló un modelo de simulación dinámica con el software “Ithink”.

En esta investigación, se establecieron relaciones donde una Sub-área de FIM-Productividad se ve afectada por varias Características de MOSCA. Con el modelo de simulación, se observó que tanto debía aumentarse o disminuirse el valor de una o varias Características de MOSCA para que éstos ocasionaran un cambio positivo o negativo en el valor o resultado de una Sub-área de FIM-Productividad.

Se puede decir, según los resultados obtenidos en el Modelo Dinámico (ver Figura 8), que al incrementar la calidad del proceso de desarrollo se mejoran los resultados obtenidos en la productividad; ya que la organización, como ente abierto, no puede alcanzar niveles óptimos de Calidad en sus productos de software y en sus procesos de desarrollo sin tomar en cuenta factores internos y externos que influyen en todo el sistema. Es decir, no basta con propiciar la calidad sólo en la Gerencia o el Departamento de Desarrollo, sino que debe ser una labor conjunta de toda la organización, en todos sus niveles.



Figura 8. Comportamiento de Mediciones y Sistemas de Información (XII.2) ante la influencia de algunas de las Características del Proceso.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede decir que la productividad en los proyectos de sistemas de software va a estar influenciada por factores que se encuentran en tres niveles del sistema: productividad organizacional, productividad del proyecto y productividad individual; los cuales, dependiendo de su interrelación, afectarán positiva o negativamente a la calidad del software y ésta repercutirá en la productividad, bien sea incrementando, disminuyendo o manteniendo su nivel.

La caracterización de la relación entre la Calidad Sistemática y la Productividad es una herramienta de modelaje que permitirá orientar a las organizaciones en las acciones a tomar para mejorar los niveles de Calidad y Productividad. Luego de validar y aplicar este modelo en diferentes contextos se podrá hacer teoría al respecto, es entonces, la formulación de la caracterización el primer paso.

Se estableció una propuesta de Caracterización entre la Calidad Sistemática y la Productividad para el desarrollo de Sistemas de Software en una primera versión, la cual debe ser evaluada en un proyecto real para comprobar las relaciones propuestas en el modelo. Así como también, llevar esta propuesta a un modelo de

simulación que ayude a visualizar, en una mayor escala, la sensibilidad de las influencias de las Características de MOSCA sobre las Sub-áreas de FIM-Productividad y viceversa.

Se puede decir entonces, que esta es una caracterización factible y que el proceso que conllevó a estos resultados fue arduo, por lo que se recomienda para futuras investigaciones analizar esta Propuesta de Caracterización en otras organizaciones del sector software con el propósito de contar con otras referencias que permitan refinar o confirmar las relaciones establecidas en ésta ya que sólo se hizo una iteración en una sola organización, y aún no es posible generalizar para todas las empresas desarrolladoras de software: que las características de calidad que impactan en la productividad son únicamente las que se presentan en esta propuesta.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Besterfield, **Control de Calidad**, Cuarta Edición, Pretince Hall, 1994.
- [2] N Callaos y B. de Callaos, **Designing with a Systemic Total Quality**, International Conference on Information System Analysis and Synthesis, Orlando – USA, del 22 al 26 Julio de 1996.
- [3] FIM-Productividad, **Capacidad para mejorar la Calidad y la Productividad en las empresas**, Fondo para la Investigación y Mejoramiento de la Productividad, Coordinado por: Ing. Francisco Rodríguez, Caracas - Venezuela, Agosto de 1999.
- [4] J. Juran y F. Gryna, **Análisis y Planeación de la Calidad**, Tercera Edición, Mc Graw Hill, México, 1994.
- [5] F. Kast y J. Rosenzweig, **Administración en las Organizaciones – Enfoque de Sistemas y Contingencia**, Mc Graw Hill, Segunda Edición en Español, México, 1998.
- [6] R. Kopelman, **Administración de la Productividad en las Organizaciones**, Traducción de la Primera Edición en Inglés, Editorial Mc Graw Hill, México, 1986.
- [7] A. Mejías, **Integración Formal de los Modelos de Calidad del Proceso y del Producto con Enfoque Sistemático**, Universidad Simón Bolívar, 2003.
- [8] L. Mendoza; M. Pérez y T. Rojas, “Modelo Sistemático para Estimar la Calidad de los Sistemas de Software (MOSCA)”, **LI Convención Anual de AsoVAC 2001**, San Cristóbal - Venezuela. Vol. 52, 2001, pp. 435.
- [9] L. Mendoza; M. Pérez; A. Grimán y T. Rojas, “Algoritmo para la Evaluación de la Calidad Sistemática del Software”, **2das. Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (JIISIC 2002)**, Salvador – Bahía – Brasil, Vol. 1, 2002, pp. 1-11.
- [10] M. Pérez; L. Mendoza; A. Grimán y M. Ortega, **Hacia la Certificación de la Calidad Sistemática en los Sistemas de Software en Venezuela**, IV Congreso de Investigación y Creación Intelectual en la Universidad Metropolitana, del 17 al 20 de mayo del año 2004, Caracas - Venezuela.
- [11] R. Pressman, **Ingeniería del Software - un enfoque práctico**, Mc Graw Hill, Quinta Edición, España, 2002.
- [12] I. Sommerville, **Ingeniería del Software**, Editorial Addison Wesley, Sexta Edición, México, 2002.
- [13] J. Solano; M. Pérez; T. Rojas y A. Grimán, “Integration of Systemic Quality and the Balanced Scorecard”, **Revista Information Systems Management**, Vol. 20, No. 1, 2002, pp. 66 – 81.
- [14] D. Sumanth, **Ingeniería y Administración de la Productividad**, Mc Graw Hill, México, 1996.