

# **Análisis del Impacto del Proceso de Desarrollo en las Características de Calidad del Software**

*Luis Mendoza*                      *María Pérez*                      *Anna Grimán*  
*Universidad Simón Bolívar. Laboratorio de Información en Sistemas de Información (LISI).*  
*Dpto. de Procesos y Sistemas. Apartado Postal 89000, Caracas 1080-A. Caracas - Venezuela.*  
*{lmendoza, movalles, agriman}@usb.ve*

*Maryoly Ortega*  
*Universidad Ezequiel Zamora. Laboratorio de Computación. Mesa de Caracas. Guanare.*  
*Portuguesa 3350. Portuguesa - Venezuela*  
*mortega@reacciun.ve*

## **Resumen**

*Las relaciones sistémicas presentes entre las categorías del proceso de desarrollo de software y las características de calidad correspondientes al producto, establecen que las metas para la calidad del producto de software van a determinar los objetivos del proceso para su desarrollo. El presente artículo identifica y determina las relaciones de influencia de los subprocesos del proceso de desarrollo de software sobre las características de calidad del producto de software, inspirados en el concepto de la Calidad Global Sistémica. El análisis de resultados de la aplicación y la evaluación de las relaciones identificadas en dos empresas desarrolladoras de software, a través de un Estudio de Caso, validó que se cuenta con una herramienta efectiva de análisis y estimación de la Calidad Global Sistémica que, además, sirve como auditoría para las empresas evaluadas, ya que expone las características del producto y las categorías del proceso que deben ser mejoradas.*

## **1. Introducción**

Según Pressman [11] la calidad del software es “la concordancia con los requerimientos 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 calidad es un término que ha adquirido gran relevancia con el paso del tiempo, ya que es considerada como uno de los principales activos con los que cuenta un país para mejorar su posición competitiva global [6]. Para conseguir una buena calidad del software es esencial establecer un programa de medidas a tomar con respecto a los suministradores. Es también importante utilizar los modelos y métodos apropiados para controlar el proceso de desarrollo.

A la hora de definir la calidad del software se debe diferenciar entre la calidad del producto software y la calidad del proceso de desarrollo de éste (calidad de diseño y fabricación). No obstante, las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar los objetivos del proceso de desarrollo, ya que la calidad del primero va a depender, entre otros aspectos, de éstos. Sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto.

El presente artículo tiene por objetivo precisar los subprocesos del proceso de desarrollo de software que inciden directamente sobre las características de calidad del mismo, inspirados en el concepto de la Calidad Total Sistémica [1; 11] como un aspecto fundamental a ser tomado en consideración para asegurar calidad en los sistemas que dan soporte a las comunidades virtuales que constituyen la cambiante economía global de nuestros días.

En las próximas secciones se presentará un análisis de la relación entre la calidad y otros conceptos, se

describen las relaciones entre las categorías del proceso de desarrollo y las características del producto de software, la validación de tales relaciones se hizo a través del método análisis de las características por caso de estudio, según el método DESMET con su correspondiente análisis de resultados. Finalmente, se enumerarán las conclusiones y recomendaciones que se han derivado de esta investigación.

## 2. Relación de la calidad con la eficiencia, la efectividad y la eficacia

Callaos y Callaos [1] proponen un concepto de calidad del software en el cual están involucrados tanto las características internas del producto como el contexto organizacional, lo que genera un enfoque sistémico del concepto de Calidad del Software. Este enfoque es considerado también por Dromey [2] y particularmente reforzado por Voas [13], cuando se refiere al Triángulo de la Certificación de la Calidad del Software.

La definición de calidad sistémica en el desarrollo de los sistemas de software contempla la Matriz de Calidad Global Sistémica, mostrada en la Figura 1 y consta de cuatro (4) tipos de Calidad: Eficiencia del Producto, Efectividad del Producto, Eficiencia del Proceso y Efectividad del Proceso, considerando las dimensiones del Cliente y del Usuario. Esta división se justifica en un sentido, porque un proyecto incluye tanto la eficiencia como la efectividad y en el otro, porque el Sistema concebido (el producto) es diferente al Sistema de las actividades humanas (el proceso) mediante el cual el Sistema-Producto es diseñado [1].

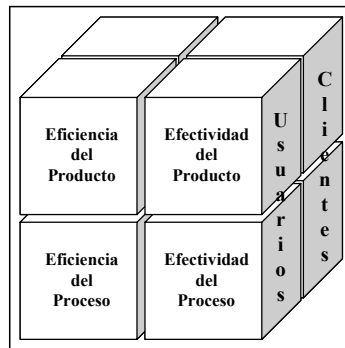


Figura 1. Matriz de Calidad Global Sistémica [1].

Rojas et al. [12] definen cada uno de los componentes de la matriz de la siguiente manera:

- **Eficiencia del Producto:** Es determinada por actividades de diseño interno y programación, ya que un producto eficiente es conseguido cuando se aplican las prácticas correctas de diseño físico y programación.
- **Efectividad del Producto:** Es determinada por las actividades de identificación de requerimientos, diseño de interfaces y diseño general de la red (ubicación de puntos), debido a que la misma está relacionada con la adecuación y confort del usuario.
- **Eficiencia del Proceso:** Está asociada con las actividades de *gerencia de proyectos*, las cuales incluyen el cumplimiento de fechas de entrega, aumento de la productividad y ahorro de recursos.
- **Efectividad del Proceso:** Se relaciona con las actividades generales de gerencia, tales como liderazgo, administración de cambio, relaciones humanas y grupales, ya que las mismas conducen a establecer buenas relaciones entre los integrantes del equipo responsable del desarrollo de Sistemas de Información.

Según Callaos, la calidad global no es la suma de las calidades parciales, sino el compromiso entre todo el conjunto de calidades que conlleve a un óptimo global con cierto sacrificio de los óptimos parciales [1]. En consecuencia, se tiene que la calidad del software no es algo que depende de una sola característica en particular, sino que obedece al compromiso de todas sus partes. Este enfoque es el que se toma como eje de la presente investigación.

### 3. Categorías del proceso de desarrollo de software que impactan directamente en las características del producto

En esta sección se propone establecer la influencia que tienen los subprocesos involucrados en cada categoría presentada sobre las características del producto de software y, a su vez, se justifica el impacto que tienen sobre cada una de ellas.

Ortega et al. [9] definen un conjunto de características de calidad para el producto de software, inspirada en el estándar internacional ISO/IEC 9126 [4], tales características se definen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Características de calidad del producto [9]**

<b>Característica</b>	<b>Definición</b>
Funcionalidad	Capacidad del producto del software para proveer funciones que cumplan con necesidades específicas o implícitas, cuando el software es utilizado bajo ciertas condiciones.
Fiabilidad	Capacidad del producto de software para mantener un nivel especificado de rendimiento cuando es utilizado bajo condiciones especificadas.
Usabilidad	Capacidad del producto de software para ser atractivo, entendido, aprendido y utilizado por el usuario bajo condiciones específicas.
Eficiencia	Capacidad del producto de software para proveer un rendimiento apropiado, relativo a la cantidad de recursos utilizados, bajo condiciones específicas.
Mantenibilidad	Capacidad del producto para ser modificado.
Portabilidad	Capacidad del producto de software para ser transferido de un ambiente a otro.

Según Humphrey [3], la calidad del producto final está fuertemente influenciada por la calidad del proceso de desarrollo del mismo. Por lo tanto, las características de calidad del producto, parecen tener una dependencia específica de subprocesos del proceso de desarrollo, lo que implica que si tales subprocesos se cumplieron a cabalidad durante el proceso de desarrollo, entonces el producto debiera poseer los requerimientos mínimos de calidad.

Por otra parte, Pérez et al. [10] establece un conjunto de categorías del proceso de desarrollo de software basándose en el estándar internacional ISO/IEC 15504 [5]. En la Tabla 2 se definen estas categorías que propician la calidad en el proceso de desarrollo.

**Tabla 2. Subprocesos del proceso de desarrollo [10]**

<b>Subproceso</b>	<b>Definición</b>
Cliente – Proveedor (CUS)	Está conformada por procesos que impactan directamente al cliente, apoya el desarrollo y la transición del Software hasta el cliente, y provee la correcta operación y uso del producto o servicio de software.
Ingeniería (ENG)	Consiste en procesos que directamente especifican, implementan o mantienen el producto de software, su relación con el Sistema y su documentación.
Soporte (SUP)	Consta de procesos que pueden ser empleados por cualquiera de los procesos (incluyendo a los de soporte) en varios niveles del ciclo de vida de adquisición.
Gestión (MAN)	Consiste en procesos que contienen prácticas de naturaleza genérica, que pueden ser utilizadas por cualquier personaje que dirija algún tipo de proyecto o proceso.
Organizacional (ORG)	Esta compuesta por procesos que establecen las metas comerciales de la organización y desarrollan bienes (valores) de proceso, producto y recurso, que ayudarán a la organización a alcanzar sus metas en los proyectos.

Cada uno de los subprocesos presentados es definido por un conjunto completo de prácticas bases [10] las cuales, a través del instrumento adecuado, miden su cumplimiento en la organización desarrolladora. Al mismo tiempo, cada característica del producto de software es medida a través de un conjunto de métricas que reflejan su definición operacional [9].

Para establecer las relaciones que se proponen en el presente trabajo se realizó un análisis detallado de cada una de las prácticas bases antes mencionadas, asociadas con cada subproceso, junto con la definición operacional de cada característica, identificando en primera instancia las relaciones conceptuales directas e indirectas entre ellos, desde una perspectiva teórica y evaluándolas posteriormente a través de la aplicación de un instrumento al estudio de un caso.

- Subprocesos que influyen en la *Funcionalidad* del producto de software: En la Tabla 3 se describen los subprocesos que influyen sobre la *Funcionalidad* del producto. Igualmente se indica la categoría del proceso a la cual pertenece.

**Tabla 3. Subprocesos que impactan sobre la característica *Funcionalidad***

<b>Subproceso</b>	<b>Descripción</b>
<i>Adquisición de sistema o producto de software (CUS)</i>	Este proceso influye en la <i>Funcionalidad</i> del producto de software, ya que es necesario para obtener un producto que satisfaga las necesidades del cliente, garantizando la aceptación del mismo. En caso de que este proceso no se realice adecuadamente, no se contaría con una especificación que permita evaluar el cumplimiento de las necesidades del cliente.
<i>Licitación de Requerimientos (CUS)</i>	Este proceso también influye en la <i>Funcionalidad</i> , ya que se encarga de velar por la satisfacción de las necesidades y los requerimientos del cliente a través del proceso de desarrollo.
<i>Validación (SUP)</i>	En el proceso de Validación se debe confirmar que los requerimientos para un uso específico del producto del sistema (software) sean satisfechos; es decir, este proceso garantiza que la <i>Funcionalidad</i> del producto de software se cumpla.
<i>Revisión Conjunta (SUP)</i>	Este proceso afecta directamente a la <i>Funcionalidad</i> del producto, ya que se refiere al mantenimiento de un común entendimiento con el cliente sobre el progreso del proceso o del proyecto, en contraste con los objetivos del contrato. De esa manera, si se realiza correctamente dicho proceso, el producto resultante se aproximará bastante a los requerimientos planteados por el cliente.

- Subprocesos que influyen en la *Fiabilidad* del producto de software: La Tabla 4 describe los subprocesos que impactan sobre la característica de *Fiabilidad* del producto.

**Tabla 4. Subprocesos que impactan sobre la característica *Fiabilidad***

<b>Subproceso</b>	<b>Descripción</b>
<i>Operación (CUS)</i>	Este proceso influye en la <i>Fiabilidad</i> del producto de software, ya que se desea obtener un producto que cumpla con un nivel especificado de rendimiento cuando es utilizado bajo condiciones específicas. Este proceso asegura la correctitud de la operación del software durante el uso al que fue destinado y en el ambiente donde fue instalado, es decir, especifica y hace seguimiento a las condiciones de operación del producto. Asegura completitud y consistencia.
<i>Verificación (SUP)</i>	Este proceso afecta a la <i>Fiabilidad</i> del producto ya que se debe confirmar que cada producto trabajado y/o servicio de un proceso o proyecto refleje apropiadamente los requerimientos especificados. El proceso de Verificación asegura que el producto de software tenga todos los componentes necesarios para cumplir con los requerimientos para los cuales fue diseñado.
<i>Validación (SUP)</i>	Para que un producto sea fiable, se deben confirmar que los requerimientos para el uso específico del producto del sistema (software) sean satisfechos. Si este proceso se realiza adecuadamente, se contará con un punto de control que constate que el producto de software funcione correctamente para lo que fue

	diseñado, ya que se confirma la satisfacción de los requerimientos en el proceso de desarrollo.
<i>Licitación de Requerimientos (CUS)</i>	Este proceso también influye en la <i>Fiabilidad</i> , ya que se encarga de velar por la satisfacción de las necesidades y los requerimientos que debe tener el producto. Gracias a este proceso se cuenta con una especificación de los requerimientos que el producto de software debe cumplir.

- Subprocesos que influyen en la *Usabilidad* del producto de software: La Tabla 5 describe los subprocesos que impactan sobre la característica de *Usabilidad* del producto.

**Tabla 5. Subprocesos que impactan sobre la característica *Usabilidad***

Subproceso	Descripción
<i>Documentación (SUP)</i>	Para que un producto de software cumpla con la característica de <i>Usabilidad</i> , debería estar correctamente documentado ya que facilita de esa manera el uso y aprendizaje del mismo. En especial, se refiere a la creación de manuales y ayuda en línea que reflejen de la manera más entendible posible, todas las funciones del producto software
<i>Licitación de Requerimientos (CUS)</i>	Este proceso también influye en la <i>Usabilidad</i> , ya que se encarga de velar por la satisfacción de las necesidades y requerimientos del cliente, a través del proceso de desarrollo. Con esto se tiene que el producto de software realizará exactamente lo que el cliente desee y por ello el mismo será atractivo y fácil de usar para el usuario final.
<i>Revisión Conjunta (SUP)</i>	Se refiere al mantenimiento de un común entendimiento con el cliente sobre el progreso del proceso o proyecto, en contraste con los objetivos del contrato. Influye en la <i>Usabilidad</i> , ya que el cliente estará siempre al tanto del cómo será la interacción con el producto.

- Subprocesos que influyen en la *Eficiencia* del producto de software: La Tabla 6 muestra y define los subprocesos que impactan sobre la característica de *Eficiencia* del producto.

**Tabla 6. Subprocesos que impactan sobre la característica *Eficiencia***

Subproceso	Descripción
<i>Licitación de Requerimientos (CUS)</i>	Este proceso influye en la <i>Eficiencia</i> del producto de software, ya que a través de él se podrán identificar las limitaciones en el uso de los recursos del sistema de software para que funcione bajo condiciones específicas. De esta manera, el producto proporcionará un uso apropiado de los recursos.
<i>Validación (SUP)</i>	Para que un producto sea <i>Eficiente</i> se deben confirmar los requerimientos específicos que debería tener el producto. Si este proceso se realiza adecuadamente, el producto de software no utilizará más recursos de los necesarios bajo condiciones específicas, ya que los mismos fueron confirmados en el proceso de desarrollo.

- Subprocesos que influyen en la *Mantenibilidad* del producto de software: A continuación se presentan los subprocesos que influyen sobre la *Mantenibilidad* del producto. La Tabla 7 explica cada una de estos subprocesos.

**Tabla 7. Subprocesos que impactan sobre la característica *Mantenibilidad***

Subprocesos	Descripción
<i>Desarrollo (ENG)</i>	Este proceso se refiere al conjunto de requerimientos de un producto de software funcional o sistema basado en software que deben ser transformados para que se satisfagan las necesidades expresadas por el cliente. En caso de que este proceso no se cumpliera siguiendo los estándares de documentación prefijados en la organización desarrolladora, el software final sería muy difícil de modificar, corregir o mejorar, ante cualquier cambio en el ambiente o petición expresa del cliente y, por ello, el sistema no cumpliría con la característica de <i>Mantenibilidad</i> .
<i>Documentación</i>	Este proceso influye en la característica de <i>Mantenibilidad</i> de un producto de

(SUP)	software ya que tiene como fin desarrollar, mantener y actualizar durante todo el proceso de desarrollo, los documentos que registran información sobre su evolución.
<i>Gestión de Configuración (SUP)</i>	Este proceso está basado en establecer y mantener la integridad de todos los productos elaborados durante el proceso. Influye en la <i>Mantenibilidad</i> del producto de software, ya que en la medida que el producto de software mantenga su integridad, estará en capacidad de ser modificado con mayor facilidad.

- Subprocesos que influyen en la *Portabilidad* del producto de software: La Tabla 8 explica los subprocesos que impactan sobre la característica de Portabilidad del producto.

**Tabla 8. Subprocesos que impactan sobre la característica *Portabilidad***

<b>Subproceso</b>	<b>Descripción</b>
<i>Licitación de Requerimientos (CUS)</i>	Para que un producto de software sea Portable debe ser capaz de ser transferido de un ambiente a otro. El proceso de licitación de requerimientos influye en esta característica, ya que tiene como fin reunir, procesar y monitorear la evolución de las necesidades y requerimientos de <i>Portabilidad</i> que debe ofrecer el producto de software a través del ciclo de vida del mismo.
<i>Desarrollo (ENG)</i>	Este proceso se refiere al conjunto de requerimientos de un producto de software que deben ser transformados para que se satisfagan las necesidades expresadas por el cliente. Influye notablemente en la portabilidad de un producto de software, ya que en éste se define el grado o la capacidad del mismo para ser transferido de un ambiente a otro, según los requerimientos del cliente.
<i>Verificación (SUP)</i>	Este proceso afecta la <i>Portabilidad</i> del producto de software, ya que la misma debe confirmar que el producto refleje apropiadamente los requerimientos especificados; en particular, que tenga la capacidad de ser transferido de un ambiente al otro.

- Subprocesos que influyen en todas las características del producto de software: Existen 3 subprocesos que afectan a todas las características del producto porque garantizan la calidad del proceso de desarrollo y, por ende, la calidad del producto final. Además, estos subprocesos velan que el producto final cumpla con todos los requerimientos establecidos a lo largo del proceso de desarrollo. Por ello, si en la evaluación del producto de software falla alguna de las características, entre las causas probables se encuentran tres subprocesos. En la Tabla 9 se explican cada uno de los subprocesos comunes a todas las características del producto.

**Tabla 9. Subprocesos que impactan sobre todas las características de calidad del producto**

<b>Subproceso</b>	<b>Descripción</b>
<i>Gestión de Calidad (MAN)</i>	Este proceso influye en todas las características del producto ya que tiene como finalidad monitorear la calidad de los productos y/o servicios a lo largo del proceso de desarrollo. Si no se cumple este proceso, el producto resultante no garantizará un nivel de calidad adecuado y por ende el mismo no se adaptará a las condiciones para las cuales fue diseñado.
<i>Aseguramiento de Calidad (SUP)</i>	Este proceso también afecta a todas las características del producto porque proporciona seguridad con el objeto de que los procesos de un proyecto cumplan con los requerimientos específicos y se adhiera a los planes establecidos. Si no se cumple adecuadamente este subproceso, no se garantizará la calidad en el producto de software debido a que el mismo no cumplirá con los requerimientos necesarios para funcionar bajo condiciones específicas.
<i>Auditoria (SUP)</i>	Por último se tiene el <i>Proceso de Auditoria</i> . Este subproceso también influye en todas las características del producto ya que tiene como finalidad determinar independientemente la complacencia de los productos seleccionados y los procesos con requerimientos, planes y contratos pertinentes. Este proceso afecta a cada una de las características ya que garantiza que el producto cumpla con los requerimientos establecidos, tomando en cuenta las especificaciones del cliente

Una vez identificados los subprocesos que impactan a las diferentes características del producto, se presenta a continuación una validación de estas relaciones a través de evaluaciones realizadas a dos casos de

estudio.

#### 4. Análisis de las características por caso de estudio

El método de evaluación *Análisis de las características por estudio de caso* propuesto por DESMET [7] consiste en la evaluación de las características de calidad en un proyecto de software “real”; es decir, la evaluación en una organización. Específicamente, las actividades que se siguieron para la evaluación, son las siguientes:

1. *Identificar el modelo a evaluar*: El objeto de la evaluación serán las relaciones establecidas para las características de calidad del producto y el proceso de desarrollo.
2. *Identificar un conjunto de características a evaluar*: Las características que deben ser evaluadas son las del producto, las del proceso y sus relaciones, que representan el objetivo principal de esta investigación.
3. *Evaluar el modelo contra las características identificadas*: Para evaluar las características previamente mencionadas, se realizaron dos cuestionarios. El primero enfocado al producto y dirigido a tres grupos de evaluación: Líder del Proyecto, Desarrolladores-Analistas y Usuarios. El segundo cuestionario está enfocado al proceso de desarrollo y va dirigido a dos grupos de evaluación: el Líder del Proyecto y los Desarrolladores-Analistas. Ambos cuestionarios presentan un alto grado de confiabilidad. Específicamente el cuestionario del producto fue validado utilizando la medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest) y arrojó resultados positivos (0.7 y 0.68), lo que indica que el cuestionario es confiable. Para el caso del cuestionario del proceso fue validado utilizando la prueba de confiabilidad del coeficiente Alfa-Cronbach, resultando también ser positivo (0.659) y demostrando confiabilidad.
4. *Seleccionar un proyecto piloto*: Se seleccionaron dos empresas y en cada una de ellas se seleccionó el producto de software emblemático de dicha organización y que, además, fuese desarrollado recientemente. Para el caso de la Empresa A, se seleccionó un producto para E-commerce. Para el caso de la Empresa B, se utilizó una herramienta colaborativa que permite la administración y control de la ejecución de los procesos funcionales de una organización.
5. *Probar el modelo en el proyecto piloto*: Se aplicaron los cuestionarios anteriormente descritos (en el paso 3) en las dos empresas. Específicamente, en la Empresa A, se le aplicó un cuestionario de producto y proceso al líder de proyecto, otro cuestionario de producto y proceso a dos (2) desarrolladores y otro cuestionario del producto a un (1) usuario. Para el caso de la Empresa B, se aplicó un cuestionario de producto y proceso al líder de proyecto, otro cuestionario de producto y proceso a un (1) desarrollador y otro cuestionario del producto a un (1) usuario.
6. *Asignar valor a cada característica del modelo*: se desarrolló un algoritmo que implementa las relaciones establecidas e incluyó la asignación de valores a cada característica del mismo [8].
7. *Analizar los valores resultantes y realizar un reporte de evaluación*: Los resultados de la evaluación, y su respectivo análisis se presentan en la siguiente sección.

#### 5. Análisis de los resultados obtenidos

En primer lugar se analizan los datos referentes al producto. Las características seleccionadas por ambas empresas fueron: *Funcionalidad*, *Mantenibilidad* y *Usabilidad*.

La Empresa A seleccionó la característica *Usabilidad*, ya que el producto para E-commerce debe ser un producto atractivo, entendible y fácil de utilizar para los usuarios del mismo. Lo más importante de esta aplicación es su front-end, por lo cual el mismo debe cumplir los requerimientos de la característica *Usabilidad*. La otra característica seleccionada fue *Mantenibilidad*, ya que el site es un producto que debe ser actualizado constantemente y por ello debe tener la capacidad de ser modificado sin ningún problema.

La Empresa B seleccionó la característica *Usabilidad*, ya que su producto está destinado a diferentes tipos de usuarios y la dificultad en el uso del mismo debe ser mínima. Además, esta aplicación debe ser atractiva, ya que el éxito de la misma dependerá del grado de satisfacción de los usuarios. La otra característica seleccionada fue *Mantenibilidad*, ya que el producto de software está en constante desarrollo y debe ser capaz de aceptar cualquier tipo de modificaciones. Además, la aplicación debe ser actualizada y aceptar la inclusión de nuevos módulos sin necesidad de cambiar estructuralmente la misma.

A continuación se presenta el análisis de los datos obtenidos de las dos empresas.

### 5.1. Resultado parcial: Nivel de Calidad del producto de software.

Una vez aplicados y procesados los cuestionarios se concluyó que el producto de software de la Empresa A presenta un *nivel de calidad Intermedio*, ya que cumple con dos (2) de las tres (3) características seleccionadas, específicamente con la característica *Funcionalidad* y *Usabilidad*, presentando deficiencias en la característica *Mantenibilidad*. Por su parte, el producto de software de la Empresa B presenta un *nivel de calidad Básico*, ya que únicamente cumple con la característica *Funcionalidad*. Esto obedece los criterios expuestos en la Tabla 10.

**Tabla 10. Nivel de calidad de un producto de acuerdo a las categorías cumplidas.** Adaptado de [8]

Funcionalidad	Usabilidad	Mantenibilidad	Nivel de calidad del producto software
Cumple	No-cumple	No-cumple	Básico
Cumple	Cumple	No-cumple	Intermedio
Cumple	No-cumple	Cumple	Intermedio
Cumple	Cumple	Cumple	Avanzado

### 5.2. Resultado parcial: Nivel de Calidad del proceso de desarrollo

Una vez obtenido el nivel de calidad del producto de software de ambas empresas, se debe evaluar el proceso de desarrollo de ambos productos para poder medir el nivel de calidad sistémico de las dos (2) empresas. Por ello, se presenta a continuación el análisis de los datos referentes al proceso de desarrollo de las empresas, concretamente las categorías *Cliente-Proveedor*, *Ingeniería*, *Soporte*, *Gestión* y *Organizacional*.

Respecto a la empresa A, tres (3) de los cuatro (4) subprocesos de la categoría *Cliente-Proveedor*, son altamente satisfechas. Esto indica que dicha categoría se cumple en el proceso de desarrollo, debido al criterio establecido. Únicamente el subproceso *Proceso de Adquisición del Sistema o Producto de Software* **no fue altamente satisfecho**. Para la empresa B, el único subproceso que es altamente satisfecho en la categoría *Cliente-Proveedor* es *Proceso de Operación*. Esto indica que la categoría *Cliente-Proveedor* **no se cumple** en el proceso de desarrollo de la Empresa B. El mínimo de subprocesos que se deben satisfacer para que un proceso de desarrollo cumpla con la categoría *Cliente-Proveedor* son tres (3), según el criterio fijado.

Los dos subprocesos de la categoría Ingeniería: *Proceso de Desarrollo* y *Proceso de Mantenimiento de software y Sistemas*, son altamente satisfechos en la Empresa A, es decir, ambos subprocesos cumplen con al menos un 75% de las métricas asociadas. Esto indica que en el proceso de desarrollo de la Empresa A, se **cumple** esta categoría. Mientras que para el caso de la empresa B ninguno de los dos subprocesos son altamente satisfechos, En ese sentido, se puede afirmar que la categoría *Ingeniería* **no está presente** en el proceso de desarrollo de la Empresa B.

En el caso de la categoría Soporte, para la empresa A sólo cuatro (4) subprocesos son altamente satisfechos: *Proceso de Verificación*, *Proceso de Validación*, *Proceso de Revisión Conjunta* y *Proceso de Resolución de Problemas*. Por esta razón, el proceso de desarrollo de la Empresa A, **no cumple** con la categoría Soporte en su proceso de desarrollo. Además, se observó que el *Proceso de Auditoría* no está satisfecha. Igualmente, la categoría *Soporte* **no está presente** en el proceso de desarrollo de la Empresa B, ya que ninguno de sus subprocesos son altamente satisfechos.

La categoría Gestión en el proceso de desarrollo de la Empresa A, **no se cumple**, ya que para que dicha

categoría esté presente en un proceso de desarrollo, según el criterio establecido, al menos tres (3) de los cuatro (4) subprocesos deben estar altamente satisfechos; para el caso de la Empresa A, tan solo un (1) subproceso es altamente satisfecho: *Proceso de Gestión*. De la misma manera, para el caso de la empresa B, el único subproceso altamente satisfecho es *Proceso de Gestión*. Por esta razón, esta categoría también está **ausente** en el proceso de desarrollo de la Empresa B.

Por último, sólo cinco (5) subprocesos de la categoría *Organizacional* son altamente satisfechos por la Empresa A, lo que indica que el proceso de desarrollo de la Empresa A **no cumple** con esta categoría. Ya que se establece como criterio que para que un proceso de desarrollo cumpla con la categoría *Organizacional*, debe tener al menos siete (7) subprocesos altamente satisfechos. Por otro lado, para el caso del proceso de desarrollo de la Empresa B, tan sólo un (1) subproceso es altamente satisfecho: *Proceso de Infraestructura*; por esa razón, la categoría *Organizacional* **no está presente** en el proceso de desarrollo de la dicha empresa.

Analizando los resultados anteriores se tiene que el proceso de desarrollo de la Empresa A tiene un *nivel de calidad Básica*, ya que cumple únicamente con las categorías *Cliente-Proveedor* e *Ingeniería*, siendo éstas las necesarias para obtener este nivel de calidad. Por otra parte, se concluye que el proceso de desarrollo de la Empresa B tiene un *nivel de calidad Nulo*, ya que no cumple con la categoría *Cliente-Proveedor* ni con la categoría *Ingeniería*, que son las mínimas para optar por un nivel de calidad básico.

### 5.3. Resultado final: Nivel de Calidad Sistémico

Este análisis fue hecho siguiendo el criterio propuesto en la tabla 11.

**Tabla 11. Nivel de Calidad Sistémica Global a partir del nivel de Calidad del Producto y el nivel de Calidad del Proceso de Desarrollo [8]**

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

Tomando en cuenta que el producto de software de la Empresa A obtuvo un nivel de calidad Intermedio y sabiendo, además, que el nivel de calidad del proceso de desarrollo fue *Básico*, entonces se puede concluir, que el nivel de calidad sistémico que presenta la Empresa A es *Básico*. Cabe acotar que los subprocesos que impactan en la *Mantenibilidad* no son satisfechos, con excepción de *Proceso de Desarrollo* que apenas satisface el mínimo requerido por el modelo. Estos subprocesos son: *Proceso de Documentación*, *Proceso de Gestión de Configuración*, *Proceso de Gestión de Calidad*, *Proceso de Aseguramiento de la Calidad* y *Proceso de Auditoría*. Esto explica el nivel de calidad expuesto por la característica *Mantenibilidad*.

Por su parte, *el nivel de calidad sistémico que presenta la Empresa B es Nulo*. Esto se debe a que tanto el producto de software como el proceso de desarrollo del mismo, presentan grandes deficiencias. Esencialmente se pudo observar que el proceso de desarrollo no sigue ningún tipo de metodología ni de controles, tanto internos como externos. Se debe destacar que los procesos que impactan sobre las características del producto que no fueron satisfechas, *Mantenibilidad* y *Usabilidad*, obtuvieron niveles de calidad muy bajos, lo cual explica el nivel de calidad final del producto de software de la Empresa B. Los subprocesos que impactan sobre la *Mantenibilidad* del producto son: *Proceso de Desarrollo*, *Proceso de Documentación* y *Proceso de Gestión de Configuración*; nótese que ninguno de estos procesos es altamente satisfecho. Además, los

procesos que impactan sobre la característica *Usabilidad* son: *Proceso de Licitación de requerimientos*, *Proceso de documentación*, *Proceso de revisión conjunta*. Como se pudo observar, ninguno de estos procesos es altamente satisfecho. Por último, se puede observar que ninguno de los subprocesos que impactan sobre todas las características del producto son altamente satisfechos en el proceso de desarrollo de la Empresa B. Estos son: *Proceso de Gestión de Calidad*, *Proceso de aseguramiento de la calidad*, *Proceso de Auditoria*.

## 6. Conclusiones y trabajos futuros

La Calidad Sistémica de una organización es el reflejo de la calidad de sus productos de software y la calidad del proceso de desarrollo de los mismos (calidad de diseño y fabricación). En ese sentido, las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar los objetivos del proceso de desarrollo, porque la calidad del primero va a depender, entre otros aspectos, de éstos.

En esta investigación se identificaron las relaciones de influencia entre las categorías del proceso de desarrollo, directamente a través de los subprocesos que agrupan, sobre las características de calidad del producto de software.

Como resultado de la aplicación y evaluación de estas relaciones en dos empresas desarrolladoras de software, se pudo contar con una herramienta efectiva de análisis y estimación de la calidad Sistémica Global de una Organización y, además, sirve como auditoria para las empresas evaluadas, ya que expone las características del producto y las categorías del proceso que deben ser mejoradas.

Los autores consideran que investigaciones futuras pueden incluir nuevas evaluaciones en diferentes estudios de caso acerca de estas y otras relaciones que puedan surgir en casos no contemplados en la presente investigación. Asimismo, hacer un seguimiento después de aplicar el modelo en las dos empresas señaladas, para evaluar cómo y cuán efectiva ha sido para la mejora de la Gestión.

## 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 dar las gracias a J. Martínez por su valiosa colaboración en la culminación de esta investigación.

## Referencias bibliográficas

- [1] Callaos, N. y Callaos, B., "Designing with Systemic Total Quality", in *International Conference on Information Systems*, N. Callaos and B. Sánchez (eds.), International Institute of Informatics and Systemics, Orlando, 1996, pp. 548-560.
- [2] Dromey, R. "Concerning the Chimera". *IEEE Software* (13:1), January, 1996, pp. 33-43.
- [3] Humphrey, W. *Introduction to the Personal Software Process*, Addison Wesley Longman, Inc., Cambridge, Massachusetts, 1997.
- [4] International Organization for Standardization. "Information technology - Software product evaluation- Quality characteristics and guidelines for their use", *JTC 1 Organization*, Montreal, Québec, 1991.
- [5] International Organization for Standardization, "Software Process Assessment", *TR 15504*, on-line, WG 10: Software Process Assessment, <http://www.sqi.gu.edu.au/spice/>, 1999.
- [6] Ivancevich, J.; Lorenzi, P.; Skinner, S.; Crosby, P. *Management Quality and Competitiveness*, McGraw-Hill Higher Education, USA, 1996.
- [7] Kitchenham, B., Linkman S., and Law D. "DESMET: A methodology for evaluating software engineering methods and tools". *IEEE Computing & Control Engineering Journal* (8:3), June 1997, pp.120-126.
- [8] Mendoza, L.; Pérez, M.; Grimán, A. y Rojas, T. "Algoritmo para la Evaluación de la Calidad Sistémica del Software". *Actas de las 2as. Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento*. Salvador de Bahía, Brasil, Noviembre, 2002.
- [9] Ortega, M., Pérez, M. A., and Rojas, T. "A Model for Software Product Quality with a Systemic Focus", in *4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics SCI 2000 and The 6th International Conference on Information Systems, Analysis and Synthesis ISAS 2000*, N. Callaos and B. Sánchez (eds.), International Institute of Informatics and Systemics, Orlando, 2000, pp. 395-401.
- [10] Pérez, M. A., Rojas, T., Mendoza, L., and Grimán, A. "Systemic Quality Model for System Development Process: Case Study", in *Seventh Americas Conference on Information Systems – AMCIS 2001*, D. Strong and D. Straub

- (eds.), Association for Information Systems, Boston, 2001, pp. 1297-1304.
- [11] Pressman, R. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*, McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España, 2002, p. 48.
  - [12] Rojas, T. and Pérez, M., “Improvement in the Development of Information Systems by increasing its Process Effectiveness”, in *InterSymp '95 - 5th International Symposium on Systems Research, Informatics and Cybernetics*, N. Callaos y B. Sánchez (eds.), International Institute of Informatics and Systemics, Baden-Baden, 1995, pp. 36-42.
  - [13] Voas, J. “Software Quality’s Eight Greatest Myths”, *IEEE Software* (16:5), September/October, 1999, pp. 740-745.