

**Universidad de las Ciencias Informáticas**



**Facultad 3**

**Proceso para Pronosticar el Resultado de Iniciativas de  
Mejora de Procesos de Software.**

**Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas.**

**Autora:** Yurixay Trujillo Armas.

**Tutora:** Ing. Ana Marys Garcia Rodríguez.

**Junio 2012,  
Ciudad de la Habana.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA.**

Declaro ser autora de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste se firma la presente a los 26 días del mes de Junio del año 2012.

Yurixay Trujillo Armas

Ing. Ana Marys Garcia Rodríguez

---

---

Firma del Autor

Firma del Tutor

## **DATOS DE CONTACTO.**

**Nombre y apellidos:** Ana Marys Garcia Rodríguez.

**Institución:** Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

**Título:** Ingeniero en Ciencias Informáticas.

**Categoría docente:** Asistente.

**Dirección de correo:** [agarcia@uci.cu](mailto:agarcia@uci.cu)

***“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica”***

***Aristóteles.***

**DEDICATORIA.**

*A mis padres por ser mi único tesoro.*

**AGRADECIMIENTOS.**

*Esta es para mí una de las partes más difícil pues casi siempre se queda alguien por mencionar.*

*Le estoy muy agradecida principalmente a mí tutora Ana Marys que en este tiempo fue realmente como mi madre, aunque en ocasiones sentí deseos de cogerla por el cuello por tantos cambios en la tesis, ya veo que siempre fue pensando en lo mejor para mí, te quiero mucho. Al café que nos mantuvo tantas madrugadas despiertas. A Hardam por darme un pedacito de Ana.*

*Le agradezco a mis papitos por ser tan especiales conmigo, mi papito por su buen humor y por ser mi tesoro y mi mami por estar siempre para mí, como ella ninguna.*

*A mi familia por ser tan diferente pero con buenos corazones todos, por confiar siempre en que lograría este sueño. A Yani mi hermana sin serlo pero que la adoro con la vida, Oma por molestarme tantas veces y quererme tanto, Pedro y todos mis vecinos por compartir tantas veces y preocuparse por mí. A Yaniris mi otra amiga y su mamá.*

*Le agradezco también a un grupo de personas que son para mí como hermanos y me hicieron vivir momentos inolvidables a Oski, Albert, Miol, Maikelito, Jasie, Chuchito, France, Ale, Leo ,Yairie, Arel, Liudmila, Yanay, Chogún, Yaineri, El Fiñe, Yasser, Cutú, Jorgito y sé que aquí se me quedan personitas por mencionar, ojalá todos tuvieran unos amigos tan especiales y con buenos sentimientos como ellos.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Luisi por compartir buenos y malos momentos conmigo, gracias por soportarme mi vida, a los de su cuarto por tenerme como uno más de ellos Leitniz, Oscar, Arlan, Alvaro, Tejeda.*

*A Zénel por enseñarme tantas cosas desde que entré a la UCI.*

*A mi grupo que desde primer año estuvimos juntos a Lilí, Mayde, Zeida, Ode, Dana, Eli, Yuya,*

*Dane, a todas las del apartamento en general y los varones del grupo. A todos los profes y personas que han estado a lo largo de los cinco años. A todas las personas del apartamento de*

*Ana Marys que me soportaron tantas madrugadas allí.*

*A Made por ser una buena amiga y guiarme siempre con sus sabias palabras.*

*A mis papitos de venezuela, Yamilet y Luis por siempre tenerme como su niña malcriada. A todas las personas que compartieron 11 meses de tristezas y alegrías en ese país, nuevamente a Yuya*

*por estar siempre en ese tiempo cuando la necesité, a Sule por mimarme como si fuera su hermanita y todos los buenos amigos que hice durante ese tiempo. Al grupo de informáticos del*

*Táchira por todos los momentos de alegría que compartimos.*

*A todos muchísimas gracias.*

*Yurixay.*

**RESUMEN.**

El desarrollo de software ha sido guiado en las últimas décadas por las iniciativas de mejora de procesos de software, sin embargo la alineación a los modelos de calidad que tributan a la mejora denota insuficiencias, el 70 % de las organizaciones fracasa en el intento. Varios autores han estudiado el tema y han identificado indicadores que inciden positiva o negativamente en la mejora de procesos en dependencia de las características de la organización. Estos indicadores podrían ser de gran utilidad si se reutilizaran las experiencias adquiridas por distintas organizaciones ante la mejora, lo cual no sucede en la actualidad y afecta la correcta orientación de acciones que eleven la probabilidad de éxito ante una nueva iniciativa.

A partir de la problemática identificada, se acometió el estudio de modelos de gestión del conocimiento y técnicas de inteligencia artificial con el objetivo de desarrollar un proceso de pronóstico de resultado de iniciativas de mejora a partir de los indicadores que influyen en las mismas.

Se obtiene como resultado de la investigación, un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas de mejora y proponer acciones que eleven la probabilidad de éxito de la organización en base a su estado ante la mejora de procesos. El proceso se rige por elementos de los modelos de gestión del conocimiento estudiados y el paradigma de razonamiento basado en casos; cuenta además como sustento con el diseño de una base de conocimientos.

Para la validación se sometió la investigación al criterio de expertos obteniéndose resultados muy favorables.

**ÍNDICE.**

INTRODUCCIÓN.....8

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... 13

    Introducción..... 13

    1.  Industria e Ingeniería de Software..... 13

        1.1  Ingeniería de Software. .... 14

    2.  Calidad de Software. .... 14

        2.1  Gestión de la calidad de software..... 15

        2.2  Calidad del proceso y el producto. .... 16

    3.  Mejora de Procesos de Software..... 16

        3.1  Indicadores para valorar una organización en función de la SPI. .... 18

    4.  Gestión del conocimiento. ....21

        4.1  Dato, información y conocimiento.....21

        4.2  Taxonomías del conocimiento. ....23

        4.3  Definiciones de gestión del conocimiento.....24

        4.4  Modelos para la gestión del conocimiento.....25

    5.  Inteligencia Artificial.....28

        5.1  Toma de decisiones. ....28

5.2	Técnicas de Inteligencia Artificial.....	28
5.2.1	<i>Sistemas expertos.....</i>	30
5.2.2	<i>Razonamiento basado en casos. ....</i>	31
	Conclusiones.....	33
CAPÍTULO 2: PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI.....		36
	Introducción.....	36
1.	Ciclo básico del sistema RBC.....	36
2.	Proceso para pronosticar el resultado de las SPI.....	36
2.1	Descripción de las actividades del proceso para el pronóstico de éxito de SPI. ....	40
3.	Descripción de los rasgos de la base de casos. ....	44
3.1	Dominio de los rasgos.....	45
4.	Modelo de entidad relación para la base de casos.....	47
	Conclusiones.....	49
CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....		50
	Introducción.....	50
1.	Selección de expertos. ....	50
2.	Resultados de encuestas de validación.....	54
2.1	Validación del aspecto relevancia. ....	55

2.2	Validación del aspecto pertinencia. ....	57
2.3	Validación del aspecto coherencia. ....	58
2.4	Sugerencias y recomendaciones.....	59
	Conclusiones.....	60
	CONCLUSIONES. ....	61
	RECOMENDACIONES.....	62
	BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA. ....	63
	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	70
	ANEXOS.....	72
	Anexo 1: Encuesta de autovaloración. ....	72
	Anexo 2: Encuesta de evaluación del proceso.....	74

### **INTRODUCCIÓN.**

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han alcanzado un auge acelerado en todos los sectores de la sociedad, agilizando los procesos de las organizaciones y facilitando el trabajo de las personas. Muchos países han optado por el desarrollo de la industria de software como alternativa para mejorar su economía y posicionarse en un mercado que exige cada vez productos de mejor calidad. A pesar de la creciente demanda de informatización, aún se contemplan problemas que afectan el desarrollo del software, esto se refleja en los indicadores de tiempos excedidos, presupuestos sobrepasados y poca calidad de los entregables. Según el Chaos Manifiesto 2011 de Standish Group, en los últimos 3 años analizados hasta el 2010, el número de proyectos exitosos se encuentra por debajo del 40 %, alrededor del 44 % continúan presentando problemas de retrasos y el 21 % fracasan sin alcanzar sus objetivos [1].

Esta situación conocida como crisis del software, ha intentado ser resuelta desde la Ingeniería del Software con la aplicación de una perspectiva sistemática, disciplinada y cuantificable, teniendo como centro el proceso y como base un enfoque de calidad [1]. Pressman, Bauer, Boehm, Humphrey y Sommerville consideran que constituye un aspecto esencial centrarse en el proceso [2] [3] [4] [5] [6], sin embargo el verdadero éxito de la organización radica en la definición de iniciativas para la mejora continua de los procesos [2] [6].

Existen modelos, guías y estándares como el Modelo de Capacidad de Madurez Integrada (CMMI por sus siglas en inglés), las normas ISO 9000, ISO 9126, ISO 15504, la Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBok), entre otros que son de gran ayuda en la mejora de procesos de software. Aunque estos especifican qué hacer para mejorar, no dictan el cómo, por tanto sería responsabilidad de la organización especificar cómo ejecutar estas propuestas [7]. Diferentes países han adaptado estos modelos a sus contextos, muestra de ello es EvalProsoft y MoProSoft en México, MPs.Br en Brasil y la propuesta iberoamericana de Competisoft.

El objetivo de la mejora de procesos de software (SPI por sus siglas en inglés Software Process Improvement) es optimizar el rendimiento, la utilidad y seguridad de los procesos de una manera ordenada [8]. Se ha señalado que el porcentaje de fracasos al aplicar iniciativas de mejora asciende al 70 %, lo que se debe en parte a que los programas de mejora no contemplan los aspectos sociales ni las

necesidades reales de las organizaciones [9] [10] [11] [12], además los modelos y estándares en general son muy restringidos pues no consideran la variedad de situaciones que se pueden encontrar en organizaciones que desean implementar iniciativas SPI [13] [14] [15] [16] [17].

Otro aspecto que influye en el número creciente de fracasos ante las iniciativas SPI es que las organizaciones no conocen el estado en que se encuentran para iniciar una mejora, ni los posibles caminos a seguir para su éxito; por lo que se han definido indicadores que permiten tener información del estado en que se encuentra una organización respecto a la mejora previo al comienzo de la iniciativa [18] [21] [22].

El análisis realizado permite concluir que estos indicadores aportan información para determinar la probabilidad de éxito de las iniciativas SPI. Actualmente no se está teniendo en cuenta la información de las organizaciones que han desarrollado iniciativas SPI para calcular la probabilidad de éxito de iniciativas futuras, lo cual se debe en parte a que es difícil el procesamiento de la información cuando inciden varios indicadores sobre la SPI. Esta situación no se soluciona solo con la aplicación de prácticas de gestión del conocimiento (GC), se deben incluir además técnicas que procesen la información de iniciativas anteriores y la transformen en conocimiento útil para la toma de decisiones frente a una nueva iniciativa [18] [19].

A raíz de lo anteriormente planteado, se define como **problema de investigación**: la insuficiente reutilización de experiencias respecto al comportamiento de los indicadores evaluados en las organizaciones afecta la correcta orientación de acciones que eleven la probabilidad de éxito.

Basado en el problema se propone como **idea a defender**: el desarrollo de un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI a partir de los datos de los indicadores evaluados en las organizaciones previo al inicio de la mejora contribuye a orientar acciones que eleven la probabilidad de éxito.

Para dar solución al problema planteado se propone como **objetivo general**: desarrollar un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI a partir de los datos de los indicadores evaluados en las organizaciones previo al inicio de la SPI que permita orientar acciones para elevar la probabilidad de éxito.

Como **objeto de estudio** de la investigación se define: la gestión del conocimiento.

El **campo de acción** se enmarca en: la gestión del conocimiento en la mejora de procesos de software.

Como **objetivos específicos** se trazaron:

1. Realizar un análisis de las principales tendencias de la industria, la ingeniería y la calidad de software orientado a la SPI.
2. Elaborar el marco conceptual relacionado con la gestión del conocimiento y la inteligencia artificial para la toma de decisiones en la SPI.
3. Diseñar una base de casos para el análisis de la probabilidad de éxito de las iniciativas SPI a partir de los datos de los indicadores evaluados en las organizaciones, aplicando el paradigma de razonamiento basado en casos (RBC).
4. Desarrollar un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI a partir de los datos de los indicadores evaluados en las organizaciones previo al inicio de la SPI que permita orientar acciones que eleven la probabilidad de éxito.
5. Validar la propuesta de solución aplicando el método de expertos.

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se desarrollaron las siguientes **tareas de investigación**:

1. Análisis de la bibliografía disponible acerca del estado del arte de la industria, la ingeniería y la calidad de software orientado a la SPI para la comprensión de la problemática abordada y la necesidad de la investigación.
2. Estudio de los modelos de gestión del conocimiento para la concepción del proceso de pronóstico del resultado de iniciativas SPI.
3. Estudio de las técnicas de inteligencia artificial (IA) para la concepción del proceso y el desarrollo de la base de casos.
4. Diseño de una base de casos para el almacenamiento de los datos de los indicadores de las iniciativas SPI.
5. Definición del objetivo y los elementos que intervienen en el proceso para la fundamentación de la propuesta de investigación.

6. Descripción de los mecanismos para recuperar la información de los casos semejantes y la probabilidad de éxito a partir de un caso base.
7. Aplicación del método de expertos para la validación de la propuesta de investigación.

**Métodos de trabajo científico** utilizados durante la investigación:

### **Métodos lógicos:**

En el desarrollo de la investigación se utilizó el método **histórico-lógico** en el análisis del comportamiento de las organizaciones ante un programa de mejora, además en la profundización de los conceptos, técnicas y modelos utilizados para dar solución al problema planteado. El método **sistémico** para el análisis del funcionamiento del RBC. El método **inducción-deducción** en el estudio de los elementos esenciales para la solución del problema planteado, con el objetivo de identificar indicadores y criterios necesarios para el desarrollo de la propuesta de investigación. El método de **modelación** en la descripción del proceso propuesto.

### **Métodos empíricos:**

Se empleó la **encuesta** como técnica para la recopilación de información sobre el conocimiento de los candidatos a expertos seleccionados para la validación de la solución.

La investigación quedó estructurada en tres capítulos.

**Capítulo 1. Fundamentación teórica:** en el capítulo se realizó un análisis de la industria, la ingeniería y la calidad de software haciendo énfasis en la SPI. Además, se realizó un estudio del estado del arte de la GC asociada a la SPI y las técnicas de IA aplicables al problema de investigación.

**Capítulo 2. Proceso para pronosticar el resultado de las SPI:** en el capítulo se describe el proceso para el pronóstico del resultado de la SPI en las organizaciones a partir de los datos de los indicadores evaluados en iniciativas anteriores. Para el desarrollo de la propuesta se aplicó la técnica de IA: RBC. Se realizó además el diseño de una base de casos como soporte a la ejecución del proceso.

**Capítulo 3. Validación de la propuesta:** en el capítulo se realiza la validación de la propuesta de solución por método de expertos, para lo cual se aplicaron encuestas que midiesen el conocimiento de los

candidatos a expertos y que permitieran realizar una apreciación respecto a los parámetros: relevancia, pertinencia y coherencia. La identificación de los expertos se desarrolló a partir de la técnica de selección de expertos del método Delphi y se verificó la significación estadística de los resultados que arrojaron las encuestas de validación por medio del coeficiente de concordancia de expertos.

## **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

### **Introducción.**

El desarrollo de productos de software a nivel internacional ha sido guiado en las últimas décadas por las iniciativas SPI, sin embargo aún existen deficiencias por parte de las organizaciones para insertarse en los programas de mejora, lo cual pudiese ser resuelto desde una perspectiva de la gestión del conocimiento con la aplicación de técnicas de IA que permitan el procesamiento de la información y la toma de decisiones.

Para la solución del problema formulado se acometió el análisis de un grupo de conceptos y elementos aplicables a la investigación en el ámbito de la industria, la ingeniería y la calidad de software, haciendo énfasis en la SPI. Además, se realizó un estudio del estado del arte de la GC y las técnicas de IA aplicables al problema de investigación. A partir de ello se determinaron los elementos aplicables a la propuesta de solución.

### **1. Industria e Ingeniería de Software.**

En la evolución de los métodos de construcción del software se evidencia una tendencia al creciente desarrollo de sistemas computacionales, al punto de establecerse una fuerte relación de dependencia de la economía a nivel mundial sobre dichos sistemas. Algunos autores consideran que por esta razón la industria de software se convierte en un factor dominante de la economía del mundo industrializado. Se manifiesta un desarrollo acelerado de la industria de software transitando de la solución de un problema específico y herramientas de análisis de información, a una industria en sí y de la programación de soluciones arcaicas y de menor envergadura a la investigación, construcción y aplicación de prácticas novedosas de desarrollo de software [2] [6].

A pesar de la creciente demanda de desarrollo de software en la sociedad, la calidad de los productos no se corresponde con las expectativas de los clientes. Según el Chaos Manifiesto 2011 de Standish Group, en los últimos 3 años analizados (2008 - 2010), el número de proyectos exitosos permanece por debajo del 40 %, alrededor del 44 % continúan presentando problemas de retrasos y el 21 % de los proyectos fracasan sin alcanzar sus objetivos [1].

Se comenta que los problemas presentados en las industrias de software son conducidos principalmente por la planificación irreal, los cambios no controlados, los presupuestos sobrepasados, la inadecuada gestión de requisitos y el insuficiente control de la calidad de los productos entregados. Esta situación ha sido reconocida por muchos autores como “crisis del software”, donde se señala la necesidad de aplicación de nuevos métodos de Ingeniería del Software. [2] [3] [4] [5] [6].

### **1.1 Ingeniería de Software.**

Varios autores e instituciones han formulado diversos conceptos sobre Ingeniería de Software. Bauer plantea que es el establecimiento y uso de principios de ingeniería con el objetivo de obtener productos que puedan ser reutilizados y funcionen eficientemente [3]; sin embargo en esta definición no se hace referencia a la importancia de la calidad de software ni se tratan directamente las necesidades y satisfacciones del cliente. Pressman sin embargo, opina que el software en todas sus formas y sus dominios de aplicación, debe ser el resultado de la aplicación de métodos de ingeniería [2], coincidiendo con el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés) cuando cita “la Ingeniería del Software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable para el desarrollo, operación y mantenimiento del software” [2] [23], este además presta gran atención a la importancia que debe tener la calidad que sustente el proceso de desarrollar un producto.

En el desarrollo de software aún se reflejan elementos que afectan la calidad del proceso, lo cual se evidencia en los indicadores de tiempos de entrega excedidos, esfuerzo desmedido y presupuestos sobrepasados [2]. En la evolución de la industria e Ingeniería de Software para afrontar esta situación se refleja una tendencia a la definición de procesos. Investigaciones de Pressman, Bauer, Boehm, Humphrey y sustentan que a pesar de que el resultado de un proyecto depende de la intervención de varios factores, es esencial centrarse en el proceso y lograr que este se desarrolle con la calidad esperada [2] [3] [4] [5].

### **2. Calidad de Software.**

La IEEE define la calidad de software como el grado con que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente [24]. Pressman por su parte lo considera un proceso eficaz de software cuya aplicación genera un producto útil que proporciona un valor medible para los que lo producen y lo usan [2].

Las definiciones enunciadas por Pressman y la IEEE concuerdan con Humphrey cuando plantea que el principal objetivo de cualquier definición de calidad de software debe ser “las necesidades del cliente”, que se pueden distinguir entre requerimientos y necesidades; considerando siempre la perspectiva del usuario [2] [5] [24].

Pressman define la calidad de software como la concordancia del software producido con los requerimientos explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo prefijados y con los requerimientos implícitos no establecidos formalmente que desea el usuario [25].

Diferentes autores señalan la necesidad que existe de mejorar cada vez más el proceso de desarrollo de los productos, pues de ello depende la calidad final que estos posean [2] [3] [4] [5] [6]. El correcto desarrollo del proceso apoya a los miembros de la organización para la obtención de un producto con calidad, con el empleo del menor esfuerzo posible.

### **2.1 Gestión de la calidad de software.**

La ISO 9000 define la gestión de la calidad de software como un conjunto de actividades que determinan la calidad, los objetivos y las responsabilidades. Se basa en la determinación y aplicación de las políticas de calidad de la organización y tiene como objetivo conocer las expectativas del cliente en términos de calidad para trabajar en función de satisfacerlas. El proceso de gestión de la calidad se encarga de chequear los entregables para garantizar que estos se rigen por los estándares establecidos [6].

La gestión de la calidad del software puede ser estructurada en tres actividades fundamentales [6]:

- ✓ **Planeación de la calidad:** se seleccionan y adaptan los estándares a usar en dependencia de las características de la organización.
- ✓ **Control de la calidad:** se identifican los procesos fundamentales que aseguren que se han seguido los procedimientos y estándares de calidad del proyecto.
- ✓ **Aseguramiento de la calidad:** se establece un conjunto de procedimientos, guías y estándares a utilizar para centrar la organización en una alta calidad del software.

### **2.2 Calidad del proceso y el producto.**

En el éxito de una organización influyen diferentes factores, desde el proceso que se desarrolla en la misma hasta la forma de pensar del personal que lo desarrolla, por eso es importante que exista una buena relación entre el personal, una correcta retroalimentación, aceptación y conocimiento de las actividades que se desarrollan en aras de obtener un producto con calidad. Aunque se defina correctamente un proceso de desarrollo, su implementación determina en gran medida la calidad del proceso y del producto.

La gestión y mejora de la calidad del proceso aportan un menor número de defectos en el software obtenido. La gestión de la calidad del proceso involucra [2] [6]:

- ✓ Definición de estándares de procesos.
- ✓ Monitoreo del proceso de desarrollo para asegurar que los estándares se están siguiendo.
- ✓ Reportes del proceso de software a la administración del proyecto y al cliente del software.

Autores como Humphrey y Somerville plantean que centrarse en el proceso no resulta suficiente para alcanzar la madurez estratégica de la organización [6] [7], sino que constituye un elemento primordial la definición de iniciativas que contribuyan a la mejora continua de dichos procesos, logrando paulatinamente productos de mejor calidad [26] [27] [29].

### **3. Mejora de Procesos de Software.**

Desde inicio de los ochenta, se comenzó a investigar sobre el tema de la SPI y los estándares de calidad de procesos, con el objetivo de brindar soporte al desarrollo del producto y contribuir en la mejora de sus procesos.

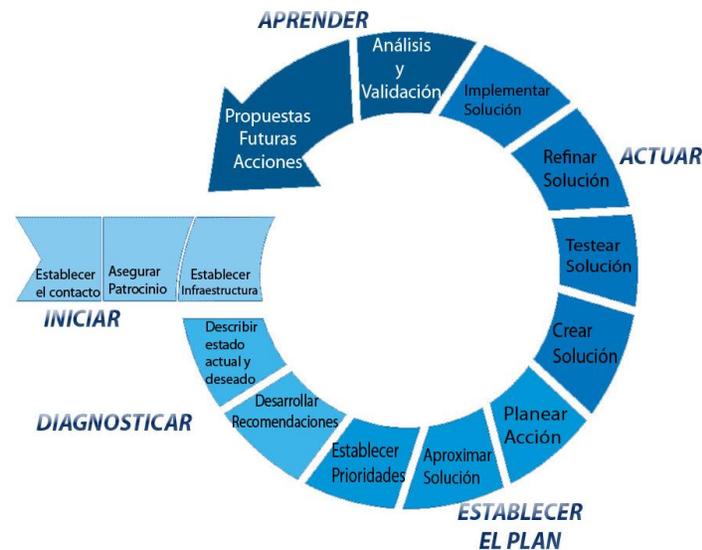
La SPI se centra en mejorar el rendimiento, utilidad y efectividad de los procesos de forma disciplinada y tiene como objetivo alinear la organización de software con el modelo de calidad deseado [29]. Varios autores han definido el término de SPI de diferentes formas: Mathiassen y Pourkomeyliam plantean que constituye un enfoque estructurado que brinda la posibilidad a la organización de mejorar continuamente sus capacidades para proporcionar servicios de calidad en forma competitiva [27]. CMMI plantea que es “un programa de actividades diseñado para mejorar la ejecución y madurez de los procesos de la

organización y los resultados de dicho programa” [28]. Siendo la definición realizada por CMMI la seleccionada para el desarrollo de la investigación.

Aparejado al acelerado avance de las TIC, han surgido numerosas iniciativas internacionales relacionadas con la SPI, tales como: CMMI, ISO/IEC 15504:2004 SPICE, ISO/IEC 12207:2004 e ISO 9001:2000 [7]. Estos estándares y modelos de procesos tienen como primera actividad realizar un diagnóstico y así conocer el estado de los procesos; por esta razón se hace hincapié en que todos los integrantes de la organización deben conocer a profundidad cada paso que se realice para la obtención de los productos.

La mejora de procesos según el modelo IDEAL es una actividad cíclica que envuelve cinco fases [30]:

- 1. Iniciar:** se establece el objetivo inicial de la SPI y las necesidades de la organización, se definen las metas que se persiguen, los roles y las responsabilidades de los involucrados, y se asignan los recursos iniciales. En esta fase, se crea un plan de SPI para dirigir la organización en la ejecución de las fases de iniciación, diagnóstico y establecimiento.
- 2. Diagnosticar:** se sientan las bases para el resto de las fases, se inicia el plan de acción de SPI de acuerdo con la visión de la organización, el plan estratégico de negocio, las lecciones aprendidas de los esfuerzos de la mejora, las prioridades del negocio hechas por la organización y los objetivos de largo alcance.
- 3. Establecer plan:** se establecen las actividades de mejora y las estrategias para implementar las soluciones según la prioridad, basándose en sus necesidades y características. El plan de acción de SPI será terminado de acuerdo con la visión de la organización, el plan estratégico de negocio, de los esfuerzos de mejora, las prioridades del negocio hechas por la organización, y los objetivos de largo alcance.
- 4. Actuar:** se crea la solución a aplicar a partir del plan de acción establecido. La solución es probada y refinada hasta contar con la calidad requerida para su futura implementación en la organización.
- 5. Aprender:** una vez implementada la solución se analizan y validan los resultados para la propuesta de acciones futuras en la organización con vista a la mejora continua de los procesos.



**Figura 1: Fases del modelo IDEAL para la SPI.**

*Fuente:* [30].

### **3.1 Indicadores para valorar una organización en función de la SPI.**

Son varios los autores que han basado sus investigaciones en aportar mecanismos para adaptar las iniciativas SPI a las organizaciones en dependencia de sus características, para ello proponen indicadores que influyen en el diseño y ejecución de dichas iniciativas a partir de: literatura consultada [18], entrevistas y encuestas a consultores de SPI [19], datos y experiencias acumuladas de la ejecución de SPI [20] [21], y el estudio de casos [22]. El análisis realizado a los indicadores, permite concluir que su uso en función de los contextos organizacionales contribuye al éxito de las iniciativas SPI [18] [19]. A partir del análisis de los factores, problemáticas y dificultades que se han encontrado en los análisis bibliográficos y empíricos de estos autores, se ha determinado un conjunto de indicadores que permiten conocer el estado en que se encuentra una organización respecto a la mejora a partir de su cultura organizacional y previo al comienzo de la iniciativa.

Los **indicadores** son [18] [21] [22]:

1. Implicación del personal: es el grado con el cual el personal de la organización incide en las actividades de SPI.

2. Implicación de la alta gerencia: es el grado con el cual la alta gerencia de la organización incide en las actividades de SPI.
3. Cultura organizacional: es el comportamiento de la organización bajo un estilo uniforme, el cual es asumido por todos sus miembros.
4. Política organizacional: son aquellas prácticas que han sido determinadas por la organización para llevar a cabo un adecuado orden.

Cada uno de estos indicadores posee criterios para ser evaluado, los mismos se mencionan a continuación.

### **Implicación del personal:**

- ✓ **Formación del personal:** es el grado en que se capacita al personal para desarrollar habilidades y conocimientos necesarios con vista a la SPI.
- ✓ **Motivación del personal:** es el porcentaje de personas de la organización que se encuentra motivado con el proceso de mejora.
- ✓ **Compromiso del personal:** es el porcentaje de personas de la organización que se encuentra comprometido con el proceso de mejora.
- ✓ **Experiencia del personal:** es el porcentaje del personal que con su experiencia en el desarrollo de software puede aportar a la SPI.

### **Implicación de la alta gerencia:**

- ✓ **Apoyo de la alta gerencia:** es el grado de interés que la administración le da a la SPI para la disposición de los recursos.
- ✓ **Compromiso de la alta gerencia:** es el nivel de compromiso que garantiza la alta gerencia para apoyar el cambio a todos los niveles y así se realice la implementación y evaluación exitosa de la SPI.
- ✓ **Disponibilidad de recursos:** es el grado de disponibilidad en que se encuentran los recursos (personal, tiempo, tecnología, financieros) para lograr una adecuada implementación de la SPI.

### **Cultura organizacional:**

- ✓ **Colaboración:** es el grado de cooperación que existe entre diferentes equipos y departamentos de la organización.
- ✓ **Comunicación:** es el grado en que los esfuerzos de comunicación preceden y acompañan el programa de mejora.
- ✓ **Cultura del trabajo en equipo:** es el grado en que la organización se enfoca en formar equipos para resolver los problemas reales de trabajo y para mejorar los procesos.
- ✓ **Conciencia de los beneficios:** es el grado en que las personas reconocen los beneficios de la mejora de proceso.

### **Política organizacional:**

- ✓ **Estabilidad interna de la organización:** es la frecuencia en la que cambia el personal y la estructura organizacional.
- ✓ **Enfoque a procesos:** es el grado en que la organización identifica, interrelaciona y gestiona los procesos para garantizar que se satisfagan las necesidades del cliente.
- ✓ **Enfoque a la mejora continua:** es el grado en que la organización orienta la aplicación gradual de mejoras a los procesos existentes.
- ✓ **Gestión de cambio:** es la planificación adecuada y ejecución gradual de cambios en la organización, de modo tal que exista la menor resistencia al cambio posible por parte del personal.
- ✓ **Objetivos de negocio claros:** es el grado de claridad con que se establecen los objetivos de negocio y la estrategia de la organización.
- ✓ **Adecuación de los procesos:** es la definición de procesos flexibles que pueden adaptarse según las necesidades de los proyectos de la organización.
- ✓ **Herramientas de apoyo a los procesos:** es el grado de agilidad que logra la organización en la implementación de los procesos mediante el uso de tecnologías.

El análisis realizado permite concluir que estos indicadores aportan datos para determinar la probabilidad de éxito de las iniciativas SPI. Actualmente no se está teniendo en cuenta la información de las organizaciones que han desarrollado iniciativas SPI para calcular la probabilidad de éxito de iniciativas futuras; esto se debe en parte a que es difícil el procesamiento de la información cuando inciden varios indicadores sobre la SPI.

#### **4. Gestión del conocimiento.**

El conocimiento es el activo principal que poseen las organizaciones, este en ocasiones presenta ambigüedades e incongruencias, por lo que una actividad fundamental para las organizaciones es lograr una correcta GC, no solo para obtener buena fundamentación del conocimiento sino para fortalecer la retroalimentación de los integrantes de la organización [31].

Se define la **gestión del conocimiento** como el proceso de captura de la habilidad colectiva de una organización, su puesta en disponibilidad para mejorar la transferencia y circulación, permitiendo a su vez la innovación. Su objetivo es aprovechar el trabajo intelectual acumulado [31].

Gómez define la GC como el “conjunto de procesos sistemáticos (identificación y captación del capital intelectual; tratamiento, desarrollo y compartimiento del conocimiento y su utilización) orientados al desarrollo organizacional y/o personal y, consecuentemente, a la generación de una ventaja competitiva para la organización y/o el individuo” [32].

La GC no solo depende del conocimiento existente en la organización, sino que además depende de la capacidad de los trabajadores de compartir lo que conocen, de la capacidad de los demás de absorber este conocimiento, de la tecnología utilizada para dicha gestión y de cómo se organizan estos para generar conocimiento [32].

Malhotra, Saint-Onge, Sveiby, Pávez Salazar, Gates, Maestre, Herrera Santana, Alavi y Leidner, Andreu y Sieber, Pan y Scarbrough, McElroy y Wiig, coinciden en que la GC constituye un proceso integrador en el que convergen la gestión de la información, la tecnología y los recursos humanos. Su implementación se orienta a perfeccionar los procesos de mayor impacto, lograr una mejor explotación del conocimiento en función de los procesos y su distribución en toda la organización, sobre la base del uso intensivo de las redes y las tecnologías [31].

##### **4.1 Dato, información y conocimiento.**

Los conceptos de dato, información y conocimiento poseen una estrecha relación.

La IEEE define un **dato** como una representación de hechos, conceptos o instrucciones de manera disponible para la comunicación, interpretación o procesamiento, siendo posible tanto por humanos como por medios electrónicos [24].

Según el diccionario de la Real Academia Española, un **dato** es un “antecedente necesario para llegar al conocimiento exacto de algo o para deducir las consecuencias legítimas de un hecho” [33].

Los datos al combinarse dan lugar a la **información** que a diferencia de los datos permite la interpretación.

La **información** se define como “conjunto organizado de datos, que constituye un mensaje sobre un cierto fenómeno o ente. Permite resolver problemas y tomar decisiones, ya que su uso racional es la base del conocimiento” [34].

El **conocimiento** es definido por la real academia española como entendimiento, inteligencia, razón natural [33].

Según Daedalus el **conocimiento** es una mezcla de experiencias, valores, información y “saber hacer” que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información y es útil para la acción. Se origina y aplica en la mente de los conocedores [35].

El conocimiento aunque de diferentes formas, existe dentro de las personas, como parte de la complejidad humana; este se deriva de la información, así como la información se deriva de los datos. Es algo más amplio, más profundo e incluso más rico que información y datos.

La información se obtiene a partir de la combinación de los datos en un contexto específico, con un propósito determinado y con una estructura lógica que refleje la situación, problema o condición. Mientras que el conocimiento es aplicado en la interpretación de la información disponible para tomar decisiones referente a la situación dada.

## **4.2 Taxonomías del conocimiento.**

Varios autores han comentado acerca de las diferentes taxonomías que puede tener el conocimiento. Bollinger y Smith definen dos tipos de conocimiento, el conocimiento individual y el colectivo [8] [36]:

- ✓ **Individual o personal:** es el entendimiento, toma de conciencia o comprensión de un tema, adquirido a partir de la investigación, la observación o la experiencia práctica en el transcurso del tiempo. Es la interpretación personal e intrínseca de información basada en las experiencias personales.
- ✓ **Colectivo u organizacional:** se refiere a lo que las personas conocen acerca de la cultura y forma de actuar de la organización. Generalmente se almacenan en bases de datos, documentos y manuales, al tiempo que también se comparte por medio de experiencias.

Es de vital importancia que el conocimiento que posee cada persona (conocimiento individual), sea socializado con los demás miembros de la organización, ya sea mediante opiniones, charlas u otras técnicas, de modo que exista entre los trabajadores retroalimentación del conocimiento que van adquiriendo. Además es válido tener en cuenta que la evolución de una organización depende tanto del conocimiento individual como del colectivo, por ser estos, consecuencia de las experiencias poseídas por cada uno de los miembros y ser renovados continuamente.

Polanyi [37], Nonaka y Takeuchi [38] realizan la clasificación más reconocida del conocimiento, realizando distinción entre dos tipos de conocimiento.

Cuando el conocimiento se puede recoger, manipular y transferir con facilidad, se conoce como **explícito**, mientras que el **tácito** es aquel conocimiento heurístico resultado de la experiencia acumulada por individuos [38].

- ✓ **Explícito:** es el conocimiento que se tiene y que la persona es plenamente consciente cuando lo ejecuta, es el más fácil de compartir con los demás pues se encuentra estructurado y muchas veces esquematizado para facilitar su difusión [38].
- ✓ **Tácito:** es el tipo de conocimiento que permanece en un nivel "inconsciente", se encuentra desarticulado y se implementa y ejecuta de una manera mecánica sin interiorizarse su contenido [38].

Existe además una clasificación conocida por **conocimiento profesional**, definida por Mathiassen y Pedersen, basándose en la unión de los términos antes mencionados, conocimiento individual y colectivo, además del tácito y el explícito. Proponiendo los siguientes tipos de conocimiento profesional y definiéndolos como [39]:

- ✓ **Innato o explícito individual** es el conocimiento que depende de las habilidades cognitivas del individuo y abarca el conocimiento racional o científico.
- ✓ **Adherido o tácito individual** es el conocimiento práctico y orientado a la acción. Se construye a partir de la experiencia práctica, está vinculado a un contexto específico y su creación no puede separarse de su aplicación.
- ✓ **Codificado o explícito colectivo** es el conocimiento que está codificado en procedimientos, estándares, reglas y especificaciones escritas.
- ✓ **Incrustado o tácito colectivo** es el conocimiento que está almacenado en rutinas, normas, valores y culturas organizacionales.

La caracterización realizada por Mathiassen y Pedersen resulta ser más completa pues manifiesta cualidades y propiedades tanto del conocimiento tácito y explícito, como el personal u organizacional, además evidencia mayor claridad para la comprensión del aprendizaje en la organización.

La clasificación que pueda tener el conocimiento, para la investigación resulta importante pues brinda una visión del conocimiento que puede resultar de un proceso de desarrollo de software y por las diferentes etapas que puede pasar el mismo.

### **4.3 Definiciones de gestión del conocimiento.**

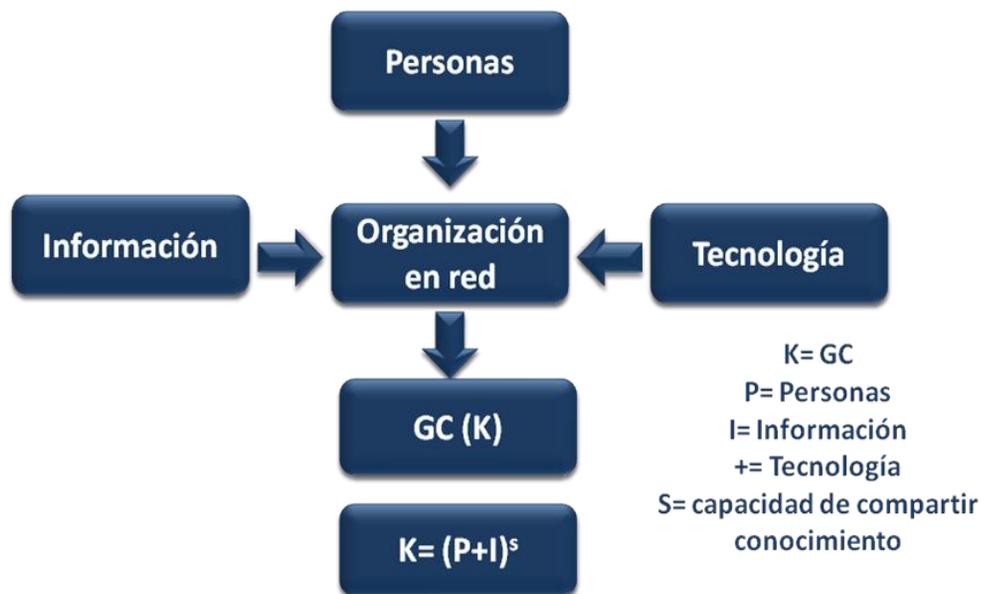
Autores como Alavi y Leidner definen la GC como un proceso sistemático y organizacionalmente especificado para obtener, introducir y comunicar tanto el conocimiento tácito como el explícito del personal, de manera que todos puedan tener acceso al mismo y puedan emplearlo para un desarrollo mejor y más efectivo [8] [41].

Para Gómez y Rodríguez la GC implica un “conjunto de procesos sistemáticos (identificación y captación del capital intelectual; tratamiento, desarrollo y compartimiento del conocimiento; y su utilización),

orientados al desarrollo organizacional y/o personal y, consecuentemente, a la generación de una ventaja competitiva para la organización y/o el individuo” [42].

Las definiciones tratadas anteriormente no hacen referencia al uso de las tecnologías para la GC. Aunque estas por sí solas no provocan que el conocimiento sea gestionado, facilitan en gran medida su gestión.

Zarandona Azkuenaga y Salazar Castillo definen la GC como la capacidad que tienen las personas para adquirir y socializar el conocimiento a través de las tecnologías. Además muestran un esquema donde se refleja la capacidad de la GC para regenerar conocimiento y a su vez provocar el aprendizaje [43].



**Figura 2: Gestión del conocimiento.**

*Fuente:* [43].

#### **4.4 Modelos para la gestión del conocimiento.**

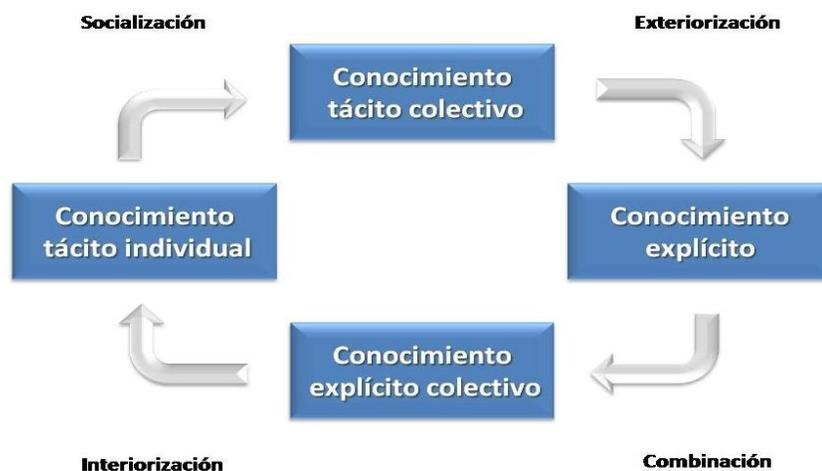
Existen disímiles modelos que contribuyen a la creación y conversión de conocimientos, entre ellos: Modelo Wiig, Nonaka-Takeuchi, Hedlund-Nonaka, KPMG, KMAT, Modelo de implantación de GC y Tecnologías de la Información para la generación de ventajas competitivas de Pávez Salazar, Andersen, Balanced Scorecard, Gamble y Blackwell, Boisot y Choo. Algunos de los más empleados y referenciados en la literatura del tema son los que se describen a continuación.

**Modelo de Wiig.**

Su principal objetivo es reforzar el uso del conocimiento en la organización, describe su contenido, localización, distribución y utilización. Plantea la creación de una estructura organizativa para el proyecto e incluye los procesos de creación, codificación y aplicación del conocimiento para la resolución de problemas utilizando las experiencias prácticas existentes. Propone tres formas del conocimiento: público, experto-compartido y personal. Describe como base para el desarrollo de su modelo el conocimiento efectivo, conceptual, excepcional y el metodológico y tiene como desventaja que no distingue entre el conocimiento cognitivo y el real. [44] [45].

**Modelo de Nonaka Takeuchi.**

Plantea que las organizaciones para crear un nuevo conocimiento deben procesar la información asentada dentro y fuera de la misma. Propone una retroalimentación entre el conocimiento tácito y explícito, así como cuatro modos de transformación del conocimiento y su principal limitación es que no profundiza en los mecanismos o técnicas para ejecutar dicha transformación [46].



**Figura 3: Formas de transformación del conocimiento.**

**Fuente: [46].**

En la **socialización** se adquiere el conocimiento tácito a través de las experiencias, prácticas o valores implícitos en documentos o charlas, compartidos como resultado de la interacción de grupos de personas. La **exteriorización** es el proceso de convertir el conocimiento tácito en conceptos explícitos para una

mayor comprensión y asimilación del mismo. Mediante la **combinación** se crea conocimiento explícito al reunir conocimiento proveniente de fuentes como el intercambio de conversaciones telefónicas, reuniones o correos. En la **interiorización** se transforma el conocimiento explícito a tácito, se refiere a aprender haciendo y consiste en interiorizar el conocimiento en los individuos a través de experiencias adquiridas, este nuevo conocimiento se incorpora en la base de conocimientos tácitos de los miembros de la organización en forma de modelos mentales o prácticas de trabajo [46].

### **Modelo de Andersen.**

El modelo de Andersen pretende acelerar el flujo de información entre los individuos y la organización creando una infraestructura organizativa para conseguir una cultura orientada a favorecer el aprendizaje y la innovación. Permite que el individuo y la organización mantengan una adecuada comunicación, pues cada parte es responsable de transmitir conocimiento a la otra, de forma tal que persiste una constante retroalimentación entre ambas, resguardándose todo el conocimiento de manera explícita en la organización. Al igual que Wiig la principal desventaja de este modelo es que no distingue entre el conocimiento cognitivo y el real [47].

### **Modelo Balanced Scorecard.**

Permite a los administradores vincular las acciones a corto plazo con los objetivos estratégicos de la empresa a largo plazo. Además posibilita que el monitoreo se realice en menos tiempo desde tres perspectivas: los clientes; los procesos internos del negocio; el aprendizaje y el crecimiento. El modelo se encuentra dividido en cuatro procesos de gestión: traducción de la visión, comunicación y vinculación, plan de negocios y retroalimentación y aprendizaje. [48] La utilización de este modelo se basa especialmente en el principio de la retroalimentación.

Los modelos anteriormente descritos tienen especial protagonismo en el proceso de gestión del conocimiento pues cada uno hace aportes importantes a dicho proceso. El modelo de Wiig contribuye con la localización y recolección del conocimiento en la organización, siendo esto de gran ayuda para sentar las bases de este proceso. Mientras que el modelo Nonaka y Takeuchi facilita la interacción entre el conocimiento tácito y el explícito con las cuatro formas de transformación del conocimiento que propone; además, plantea la importancia de procesar la información tanto dentro como fuera de la organización.

Andersen por su parte, aboga por el intercambio y retroalimentación entre el conocimiento individual y el organizacional.

## **5. Inteligencia Artificial.**

La IA es una rama de la Ciencia de la Computación que se dedica a modelar programas que imitan el pensamiento del ser humano, tiene como objetivo llevar a las computadoras las habilidades del ser humano y hacerlas más inteligentes, además se encarga de la representación, adquisición y procesamiento del conocimiento de forma automatizada [49].

### **5.1 Toma de decisiones.**

La toma de decisiones en las organizaciones resulta un tema de gran importancia. Drucker, en su libro "La decisión efectiva" se refiere a ello cuando dice: "Una decisión para cumplir con la característica de ser efectiva, debe ser el resultado de un proceso sistemático, con elementos definidos que se manejan en una secuencia de pasos precisos" [50]. La toma de decisiones cada vez se hace más difícil, pues en las organizaciones los datos se encuentran aislados y en diferentes fuentes y formatos, en simples archivos o volúmenes de información que se manejan y se generan día a día, además la información debe ser extraída, integrada y analizada permanentemente.

Con respecto a la toma de decisiones, Schein plantea: "la toma de decisiones es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización" [49].

La toma de decisiones puede definirse como una actividad imprescindible en las organizaciones, con un significado especial para todos sus niveles, es parte fundamental inherente a todas las demás actividades de la organización. Este procedimiento en muchas ocasiones resulta complejo aplicarlo debido a la escasez de tiempo y recursos para alcanzar este estado de conocimiento.

### **5.2 Técnicas de Inteligencia Artificial.**

Las organizaciones de software poseen gran cantidad de conocimiento que la mayoría de las veces se encuentra aislado en documentos, discos o personas. La IA unida a la GC constituye un factor esencial para el descubrimiento, tratamiento y procesamiento del conocimiento en la toma de decisiones

esenciales respecto al negocio de las organizaciones. Para ello se requiere de la aplicación de técnicas de IA, las cuales se describen a continuación [51].

Las técnicas de IA más empleadas son:

- ✓ **Sistemas expertos:** sistemas informáticos que simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y de acción de un experto humano, suministrando de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito [52].
- ✓ **Redes neuronales artificiales:** sistema de procesamiento de información compuestos por un gran número de elementos de procesamiento (neuronas), excesivamente conectados entre sí a través de canales de comunicación [53]. Estas conexiones establecen una estructura jerárquica y permiten la interacción con objetos del mundo real tratando de emular al sistema nervioso biológico [54].
- ✓ **Redes bayesianas:** es un grafo dirigido acíclico en el que cada nodo tiene la información de su probabilidad cuantitativa. Se utiliza para conocer la probabilidad a posteriori de cierta variable de interés dado un conjunto de hallazgos [55].
- ✓ **Algoritmos genéticos:** variante de búsqueda estocástica donde intervienen procesos basados en la genética natural y se definen tres operadores esenciales: selección, cruzamiento y mutación. [55].
- ✓ **Razonamiento basado en casos (RBC):** consiste en utilizar las viejas experiencias para comprender y resolver nuevos problemas. Es una manera de razonar haciendo analogías. En RBC, un razonador recuerda una situación anterior similar a la actual y la usa para resolver el nuevo problema [56] [57] [58].
- ✓ **Lógica difusa:** permite representar y manipular datos que no pueden definirse en forma precisa por la incertidumbre que poseen. Es un método para el razonamiento con expresiones lógicas que describen la pertenencia a conjuntos difusos [59].

De las técnicas de IA mencionadas se consideró que:

- ✓ Las redes neuronales artificiales resultan de interés desde el punto de vista del aprendizaje del sistema a desarrollar, mas no se consideran necesariamente aplicables en un inicio debido a que generan sus propias reglas a partir de ejemplos adaptando o cambiando los pesos de las

conexiones en respuesta a los ejemplos de entrada; cuando la solución de la presente investigación no se encamina a la adaptación de los pesos asignados a los indicadores identificados por los autores y no se requiere de la generación de reglas inmediatas resultantes fundamentalmente de correlación entre factores.

- ✓ Las redes bayesianas conciben la probabilidad a posteriori de variables, lo cual al igual que la aplicación de las redes neuronales pudiese ser tratamiento de trabajo futuro para el reajuste posterior de los pesos asignados inicialmente en base a los resultados obtenidos en una primera iteración.
- ✓ Los algoritmos genéticos conciben operadores esenciales que inspiran la problemática a solucionar a partir de la selección, el cruzamiento de elementos y la mutación con vista a mejoras genéticas, mas no resulta totalmente aplicable pues el factor aleatoriedad no contribuye a la solución deseada.
- ✓ La lógica difusa a pesar de ser un elemento muy empleado en la toma de decisiones basa su fundamento en el tratamiento de información con cierto grado de incertidumbre, por lo cual se excluye de la propuesta de solución al contarse como entrada con un proceso de diagnóstico que capta los datos necesarios con cierto grado de certeza y fiabilidad.
- ✓ Los sistemas de RBC constituyen interés de la investigación por su aplicabilidad en el apoyo a la toma de decisiones y la facilidad de reutilización de experiencias almacenadas para el pronóstico de soluciones a problemas con características similares a dichas experiencias.
- ✓ Los sistemas expertos constituyen también interés de la investigación pues simulan el comportamiento de un experto humano. Además los sistemas RBC por sí mismos suelen comportarse como sistemas expertos.

### **5.2.1 Sistemas expertos.**

Los sistemas expertos son conocidos como aplicaciones que dan solución a problemas reales y de gran complejidad, realizando tareas que antes las hacían los seres humanos. Estos sistemas a través de técnicas de inteligencia artificial captan el conocimiento básico de los expertos y lo convierten en conocimiento útil para la solución de dichos problemas. Un sistema experto tiene como característica que los distingue de las demás aplicaciones, la capacidad con que resuelve grandes problemas reales aplicando la intuición humana y cuenta internamente con [53]:

- ✓ Procesamiento de símbolos.
- ✓ Soporte de análisis heurístico.
- ✓ Amplio conocimiento específico.
- ✓ Aplicación de técnicas de búsqueda.
- ✓ Capacidad para explicar su propio conocimiento.
- ✓ Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos ya existentes.

Los sistemas expertos contienen en su arquitectura una interfaz de usuario que es la encargada de aceptar la información del usuario y traducirla de forma que sea entendible por el sistema, de igual forma toma la información generada por el sistema y la traduce para el usuario. Posee además un sistema de almacenamiento y generación de conocimiento que consta de una base de conocimiento para el depósito de hechos fundamentales, reglas de procedimientos, reglas heurísticas y un motor de inferencia encargado de ubicar los conocimientos e inferir nuevos a través de la base de conocimientos, además es la estrategia de búsqueda que se emplea para producir el conocimiento demandado. Este sistema de almacenamiento es el centro de un sistema experto pues almacena el conocimiento de forma confiable para inferir nuevo conocimiento cuando sea necesario [53].

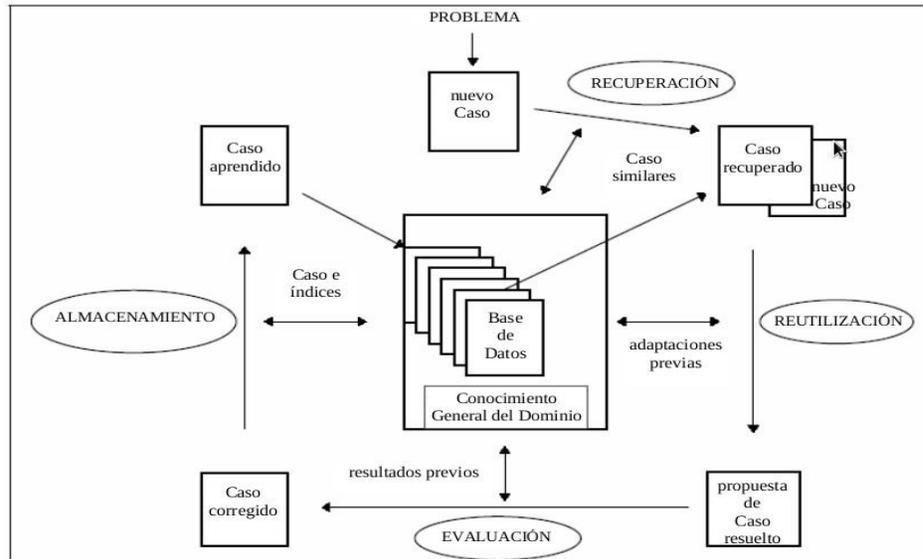
### **5.2.2 Razonamiento basado en casos.**

El razonamiento basado en casos es una técnica de IA de mucha aplicabilidad en diferentes áreas de desarrollo productivo [56]. Es válido mencionar que por lo general los sistemas de RBC asumen el comportamiento de un sistema experto en sí. El mismo permite acumular casos con sus respectivas soluciones para cuando se presente un problema o situación similar se puedan emplear los casos almacenados en la propuesta de posibles soluciones [56].

Según Kolodner, RBC es una tecnología derivada de la IA que representa el conocimiento como casos que fueron usados para resolver problemas pasados [56]. El RBC es definido como una especificación en la IA para realizar aprendizaje, donde se especifica el sistema como un método para resolver problemas recordando situaciones similares y reutilizando la información sobre estas situaciones [58].

Un problema es almacenado con su respectiva solución, RBC recuerda casos similares a este y adapta las soluciones que funcionaron anteriormente en casos semejantes al problema actual. En consecuencia

con lo anterior, soluciones de problemas previos similares al actual son un punto de partida útil para las soluciones de un nuevo problema [58].



**Figura 4: Ciclo básico del RBC.**

**Fuente: [58].**

### **Ciclo de vida de un sistema basado en casos.**

Aamod y Plaza definen las cuatro fases del RBC como se especifica a continuación [53] [58]:

- ✓ **Recuperación de casos:** en esta fase se recupera de entre los casos almacenados en la base de casos, los más similares al nuevo problema presentado. Los casos están conformados por características o atributos que lo describen y su respectiva solución. Para la recuperación es necesario tener un algoritmo de recuperación además de mecanismos y medidas para obtener la similitud entre casos.
- ✓ **Reutilización de casos:** los autores se centran principalmente en las diferencias entre el caso pasado y el actual y en las partes del caso recuperado que se pudieran utilizar como solución del caso nuevo. En ocasiones esta fase se limita a copiar la solución de los casos encontrados como solución para el nuevo caso pero no siempre es tan sencillo, otras veces se tienen que combinar soluciones de casos recuperados y posteriormente adaptarlas al nuevo caso en cuestión.

- ✓ **Evaluación de casos:** la fase anterior luego de aplicar cambios o adaptación a las soluciones, propone un caso que podría ser el escenario que proporcione el éxito a la organización. El resultado real de la solución propuesta debe ser evaluado contra el pronóstico establecido, se determina si es de interés el almacenamiento de la solución.
- ✓ **Almacenamiento de casos:** se almacena el nuevo caso y su solución de modo tal que pueda ser utilizado en futuros casos similares. Se define además qué rasgos del caso son importantes almacenar y cómo serán almacenados de forma que se puedan reutilizar posteriormente.

### **Ventajas y limitantes.**

Los sistemas RBC tienen como ventajas [60]:

- ✓ Razonamiento desde episodios específicos, lo cual evita el problema de descomponer el conocimiento del dominio y generalizarlo en reglas.
- ✓ Flexibilidad para representar el conocimiento a través de casos, organización de la base de casos y estrategias de recuperación y adaptación.
- ✓ El usuario puede agregar nuevos casos a la base de casos sin la intervención experta.
- ✓ Reuso de soluciones previas al resolver un problema.
- ✓ Almacenar casos que resultan fracasos, lo que permite advertir problemas potenciales.

Los sistemas RBC tienen como limitantes [60]:

- ✓ Complejidad en la definición de la función de semejanza según el problema a resolver.
- ✓ La decisión de cómo la base de casos debe ser organizada e indexada para un almacenamiento, recuperación y reuso efectivo.

### **Conclusiones.**

En el presente capítulo se realizó un análisis de las principales tendencias de la industria, la ingeniería y la calidad de software, haciendo énfasis en la mejora de procesos de software. En este aspecto se concluye que las principales tendencias son:

### **La Industria de Software:**

1. Crece continuamente, sin embargo no ocurre lo mismo con el desarrollo de proyectos exitosos.
2. Tiene como principales problemas la planificación irreal, los cambios no controlados, los presupuestos sobrepasados, la inadecuada gestión de requisitos y el insuficiente control de la calidad de los productos entregados.
3. Refleja una tendencia a la definición de procesos en aras de una mejor alineación del desempeño organizacional.
4. Está inmersa en solucionar los principales problemas que la han conducido a la crisis del software, aplicando la Ingeniería de Software.

### **La Ingeniería de Software:**

1. Intenta mitigar la crisis del software, aplicando una perspectiva sistemática, disciplinada y cuantificable.
2. Ha centrado sus esfuerzos en mejorar el proceso, aplicando un enfoque de la calidad del proceso y el producto.

### **La Calidad de Software:**

1. Ha centrado sus estudios en demostrar que los equipos de proyectos cometen los mismos errores una y otra vez, sin percatarse que pudieran alcanzar sus objetivos de manera más fácil si incorporan las lecciones aprendidas por proyectos anteriores.
2. Ha sido impulsada por universidades, comunidades científicas y organizaciones, así como los gobiernos que invierten en función de identificar las buenas prácticas e influir en la SPI a través de normas, modelos y estándares.

### **La mejora de procesos de software:**

1. Se centra en mejorar la calidad del proceso y como consecuencia la calidad del producto.
2. Tiene bajos índices de éxito en las organizaciones que se deciden a iniciarla.
3. Ha sido objeto de estudio de varios autores los cuales proponen indicadores, recomendaciones y problemáticas a considerar por las organizaciones.
4. Aporta ventajas significativas respecto a la madurez organizacional de las empresas. No obstante resulta compleja y requiere cambios culturales y organizativos que a veces son difíciles de abordar.

5. No contempla el estado real de las organizaciones en función de la mejora, esto afecta en gran medida a la hora de ejecutar las actividades pues se manifiestan inconsistencias y dificultades de entendimiento por parte de los equipos de trabajo que los ejecutan.

Estas tendencias arrojan que las iniciativas SPI han pasado a jugar un papel protagónico en el desarrollo de software pues su ejecución es indispensable para alcanzar los resultados que desarrolladores y clientes necesitan.

Se determinaron los fundamentos relacionados con la GC y la IA para la solución del problema planteado:

- El desarrollo de un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI teniendo en cuenta los siguientes elementos de los modelos de GC:
  - Los procesos de descripción, localización, distribución y utilización del conocimiento que propone Wiig.
  - Las cuatro formas de transformación del conocimiento que proponen Nonaka yTakeuchi.
  - Los procesos de retroalimentación y aprendizaje que propone el Balanced Scorecard.
  - El proceso de intercambio y retroalimentación entre el conocimiento individual y el organizacional que propone Andersen.
- El proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI basado en el paradigma de RBC.
- La formulación de la función de semejanza para recuperar la información de los casos semejantes.
- El diseño de una base de casos para almacenar los resultados de experiencias de organizaciones que se hayan iniciado en programas de mejora, con el objetivo de reutilizar estas experiencias en casos con características similares al almacenado.
- El diseño de una base de datos para la introducción y tratamiento de los casos.

## **CAPÍTULO 2: PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI.**

### **Introducción.**

Luego del estudio realizado en la confección del capítulo 1 se propone un proceso para pronosticar el resultado de las organizaciones de software en la SPI, además se propone el diseño de una base de casos donde serán almacenadas en forma de casos las experiencias que tienen las organizaciones en iniciativas SPI. El proceso propuesto se rige por las 4 fases del ciclo básico de RBC. Se describe en el presente capítulo el flujo del proceso, las actividades, roles y artefactos de entrada y salida.

#### **1. Ciclo básico del sistema RBC.**

Basado en el ciclo de un sistema de RBC se define el proceso para pronosticar el resultado de las organizaciones de software en la SPI. A continuación se explican los elementos que incorpora el proceso en cada una de las fases.

**Recuperación:** se recuperan de la base de casos los casos semejantes al caso base introducido a partir de una comparación realizada por medio de una función de semejanza.

**Reutilización:** se establecen combinaciones de los casos semejantes recuperados y el caso base introducido con el objetivo de obtener y brindar a la organización posibles escenarios de mejora a emplear. Se muestra cada uno de los escenarios obtenidos con sus respectivas probabilidades de éxito.

**Evaluación:** la organización pone en práctica su elección y especifica el resultado obtenido, se compara dicho resultado contra el pronosticado y en dependencia de si coinciden o no se modifica o no el resultado del caso a almacenar.

**Almacenamiento:** se almacena el caso aplicado por la organización y el resultado obtenido.

#### **2. Proceso para pronosticar el resultado de las SPI.**

El proceso tiene como objetivo realizar un pronóstico de éxito a las organizaciones de software ante una iniciativa SPI, basándose en los datos de los indicadores evaluados en las mismas. Durante la definición

del proceso se tienen en cuenta elementos esenciales de los modelos de GC estudiados. A continuación se manifiesta la relación de dichos elementos por fases de RBC.

### **Fase de recuperación:**

- ✓ Las formas de transformación del conocimiento de Nonaka y Takeuchi: socialización, convirtiendo el conocimiento tácito en tácito lo que se manifiesta en la interacción de la organización con los encargados de evaluarla y la técnica exteriorización que convierte el conocimiento tácito a explícito, cuando basándose en los datos de la organización se obtiene un caso base.
- ✓ Los procesos de descripción, localización, distribución y utilización del conocimiento propuestos Wiig cuando localiza los casos similares al nuevo caso y conforma o distribuye el conocimiento para la predicción y el análisis de casos similares.
- ✓ El proceso de intercambio y retroalimentación entre el conocimiento individual y el organizacional que propone Andersen cuando la organización realiza el análisis de la información que se provee en el marco individual y en el organizacional.

### **Fase de reutilización:**

- ✓ La técnica de conversión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi combinación, lo que se evidencia cuando se realizan combinaciones de casos para la conformación de los escenarios.
- ✓ Los procesos de descripción, localización, distribución y utilización del conocimiento propuestos Wiig cuando combinan casos, se obtienen escenarios y se guardan estos o la solución elegida por la organización.

### **Fase de evaluación:**

- ✓ La técnica de conversión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi socialización siendo manifestada cuando los integrantes de la organización debaten los escenarios propuestos para determinar si los cambios a realizar no son muy complejos.
- ✓ La técnica de conversión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi interiorización siendo manifestada cuando la organización evalúa los escenarios propuestos, interioriza este conocimiento y elige la opción más factible para ella desarrollar.

## PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI

- ✓ El proceso de intercambio y retroalimentación entre el conocimiento individual y el organizacional que propone Andersen manifestándose cuando la organización evalúa los escenarios y enuncia cuál aplicará.

### **Fase de almacenamiento:**

- ✓ La técnica de conversión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi combinada reflejándose cuando el sistema almacena el conocimiento contenido en la solución elegida por la organización como un caso real.
- ✓ Los procesos de descripción, localización, distribución y utilización del conocimiento propuestos por Wiig cuando almacena el conocimiento adquirido y aplicado por la organización.
- ✓ El proceso de retroalimentación y aprendizaje que define Balanced Scorecard, evidenciado cuando el sistema en dependencia de la elección de la organización cambia o no el resultado del pronóstico brindado y además cuando almacena este nuevo conocimiento.

# PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI

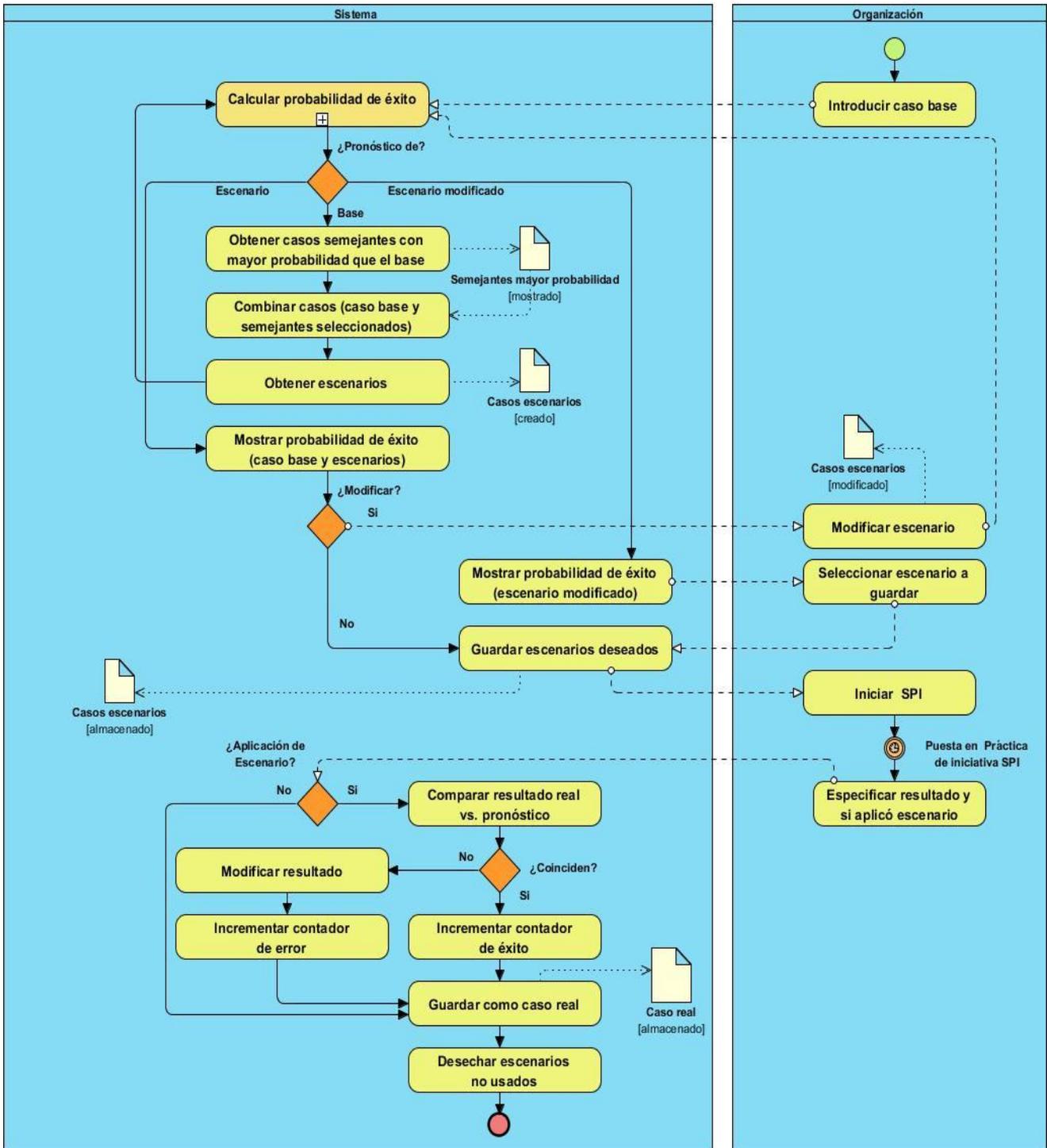


Figura 5: Proceso para pronosticar el resultado de las SPI.

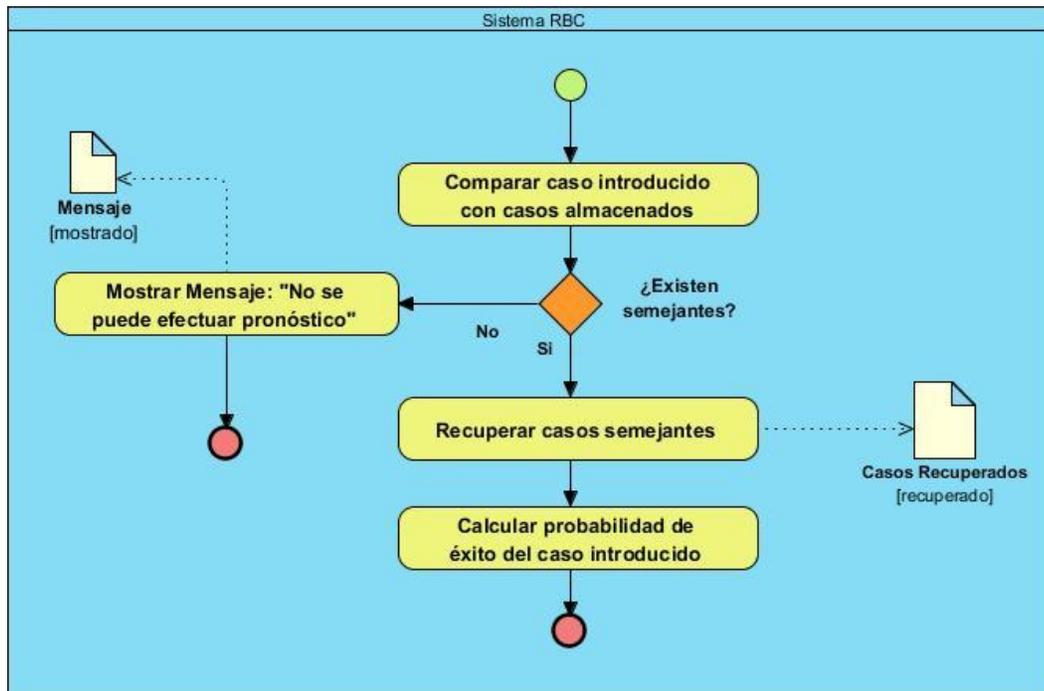


Figura 6: Subproceso calcular probabilidad de éxito.

**2.1 Descripción de las actividades del proceso para el pronóstico de éxito de SPI.**

1. Introducir caso base:

La organización presenta en forma de caso la situación en que se encuentra ante una mejora.

**RECUPERACIÓN.**

✓ Se ejecuta el subproceso **Calcular probabilidad de éxito:**

2. Comparar caso introducido con casos almacenados:

En esta actividad el sistema realiza una comparación del caso base proporcionado por la organización y los casos almacenados en la base de casos. Para ello se emplea una función de semejanza **S** que se define como [60] [61] [62]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n p_i * \delta_i(o_0, o_t)}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Donde:

**n:** es el número de rasgos predictores.

**pi:** es el peso o relevancia del rasgo *i*.

**$\delta_i(O_0, O_t)$ :** es la función de comparación entre los casos  $O_0$  y  $O_t$  atendiendo al rasgo *i*.

**S:** es la función que determina la semejanza entre un nuevo caso (caso base  $O_0$ ) y un caso  $O_t$  de la base de casos.

Se determina que un caso  $O_t$  es semejante al caso  $O_0$  si el valor de la función **S**  $\geq 0,75$ .

$$\delta_i(O_0, O_t) = 1 - \frac{|X_i(O_0) - X_i(O_t)|}{\max_i - \min_i} \quad [61]$$

Donde:

**$\delta_i(O_0, O_t)$ :** es la función de comparación entre los casos  $O_0$  y  $O_t$  atendiendo al rasgo *i*.

**$X_i(O_0)$ :** es el valor que toma el caso  $O_0$ .

**$X_i(O_t)$ :** es el valor que toma el caso  $O_t$ .

**$\max_i$ :** es el valor máximo que puede alcanzar el rasgo *i*.

**$\min_i$ :** es el valor mínimo que puede alcanzar el rasgo *i*.

a. Mostrar Mensaje:

La actividad se ejecuta cuando el sistema no encuentra casos semejantes al proporcionado por la organización dentro de la base de casos y muestra el mensaje “No se puede efectuar pronóstico”.

3. Recuperar casos semejantes:

La actividad se ejecuta cuando el sistema encuentra casos semejantes al caso base. A partir de la comparación realizada anteriormente el sistema obtiene el total de casos semejantes, de los cuales se recuperan los 20 casos que reflejen mayor semejanza con el caso base.

**REUTILIZACIÓN.**

4. Calcular probabilidad de éxito del caso introducido:

El sistema calcula la probabilidad de éxito del caso base proporcionado por la organización mediante la ecuación:

$$Prob = \sum_{i=c_1}^{c_n} f(i) / n$$

Donde:

**Prob:** es la probabilidad de éxito resultante de la división entre la sumatoria de casos recuperados con resultados de éxito y la cantidad total de casos recuperados.

**n:** constituye el número de casos recuperados.

**f (i):** obtiene los casos recuperados con resultados de éxito.

5. Obtener casos semejantes con mayor probabilidad que el base:

Se obtienen los casos semejantes recuperados con mayor probabilidad de éxito que el caso base, aplicando el operador selección determinista de algoritmos genéticos.

6. Combinar casos (caso base y semejantes seleccionados):

El sistema realiza combinaciones entre los rasgos que puedan ser utilizados de los casos recuperados y el caso base para mostrar alternativas de solución con mejores probabilidades de éxito a la organización. Es válido especificar que las combinaciones se realizan aplicando el operador cruzamiento uniforme de algoritmos genéticos, para mejorar los rasgos que reflejan problemas en la organización, a partir de la superioridad de los mismos en los casos semejantes recuperados.

7. Obtener escenarios:

Se obtienen los posibles escenarios a ser aplicados por la organización para mejorar su probabilidad de éxito, a partir de las combinaciones realizadas en el paso anterior.

8. Mostrar probabilidad de éxito (caso base y escenarios):

El sistema muestra la probabilidad de éxito del caso base proporcionado por la organización, así como los escenarios obtenidos con sus respectivas probabilidades de éxito. Se muestra además el margen de error con el cual se calculó el pronóstico.

9. Modificar escenario:

El usuario en caso que lo desee modifica el valor de los rasgos del escenario deseado.

10. Mostrar probabilidad de éxito (escenario modificado):

Si el usuario modificó los rasgos de algún escenario, luego de calcular la probabilidad de éxito es mostrada al usuario.

11. Seleccionar escenarios a guardar:

Una vez mostrada la probabilidad de éxito de los escenarios, el usuario selecciona los escenarios que desea guardar.

12. Guardar escenarios:

El sistema guarda en memoria los escenarios mostrados, para la posterior evaluación y almacenamiento del escenario empleado como caso real.

**EVALUACIÓN.**

13. Iniciar SPI:

A partir de la información brindada por el sistema la organización puede elegir o no la implementación de un escenario para iniciarse en la mejora de proceso de software.

14. Especificar resultado y si aplicó escenario:

Luego de la puesta en práctica de la SPI en la organización, esta especifica si utilizó o no algún escenario de los propuestos por el sistema y el resultado obtenido a partir de ello.

15. Comparar resultado real vs. pronóstico:

Esta tarea se ejecuta cuando la organización especifica que aplicó un escenario de los propuestos por el sistema. El sistema a partir del escenario aplicado por la organización, establece una comparación entre el resultado obtenido y el resultado pronosticado.

16. Incrementar contador de éxito:

Si el resultado obtenido coincide con el resultado pronosticado por el sistema, se incrementa el contador de éxito.

b. Modificar resultado:

Si el resultado obtenido no coincide con el resultado pronosticado por el sistema, se modifica el resultado pronosticado por el obtenido.

c. Incrementar contador de error:

Se incrementa el contador de errores.

**ALMACENAMIENTO.**

17. Guardar como caso real:

Se guarda el caso aplicado por la organización en la base de casos como un caso real.

18. Desechar escenarios no usados:

Se desechan los escenarios que la organización no aplicó.

**3. Descripción de los rasgos de la base de casos.**

Se describen a continuación los rasgos con los que contará la base de casos, además de los criterios identificados que se mencionan en el capítulo anterior que intervienen directamente en el éxito o fracaso que tengan las organizaciones en una iniciativa SPI.

- ✓ **Nombre del organismo:** Organismo al que pertenece la organización.
- ✓ **Nombre del país:** Nombre del país en que se encuentra la organización.
- ✓ **Nombre de la organización:** Nombre de la organización que será evaluada.
- ✓ **Clasificación:** Clasificación que posee la organización.
- ✓ **Resultado:** Resultado obtenido por la organización en la mejora de procesos con el caso aplicado.
- ✓ **Nombre del modelo para la mejora:** Nombre del modelo para el que desea evaluarse la organización.
- ✓ **Pronóstico realizado:** Pronóstico de éxito realizado a la organización en dependencia de cómo se encuentra para enfrentar un programa de mejora.
- ✓ **Criterios:** El resto de los rasgos estará determinado por cada uno de los criterios que componen los indicadores evaluados en las organizaciones.

**3.1 Dominio de los rasgos.**

<b>Rasgo</b>	<b>Descripción del rasgo</b>	<b>Dominio</b>	<b>Multiselección</b>
Nombre de la organización	Nombre de la organización que desarrollo la iniciativa SPI.	VARCHAR	No
Nombre del país	Nombre del país en que se encuentra la organización.	VARCHAR	No
Nombre del organismo	Nombre del organismo al que pertenece la organización.	VARCHAR	No
Clasificación	La clasificación que posee la organización.	pequeña, mediana, grande	No
Resultado	El resultado obtenido por la organización en la mejora de procesos con el caso aplicado.	éxito, fracaso	No
Nombre del modelo para la mejora	La mejora de procesos que desea iniciar la organización.	CMMI DEV Nivel 2, CMMI DEV Nivel 3, CMMI DEV Nivel 4, CMMI DEV Nivel 5, ISO 9001, ISO/IEC 15504 (SPICE)	No
Pronóstico realizado	El pronóstico realizado a la organización.	éxito, fracaso	No
Formación del personal	Es el grado en que se capacita al personal para desarrollar en ellos habilidades y conocimientos necesarios para mejorar los procesos.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Motivación del personal	Es el porcentaje de personas de la organización que se encuentra motivado con el proceso de mejora.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Compromiso del personal	Es el porcentaje de personas de la organización que se encuentra comprometido con el proceso de mejora.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Experiencia del personal	Es el porcentaje del personal que con su experiencia en el desarrollo de software puede aportar a la mejora de proceso.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No

**PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI**

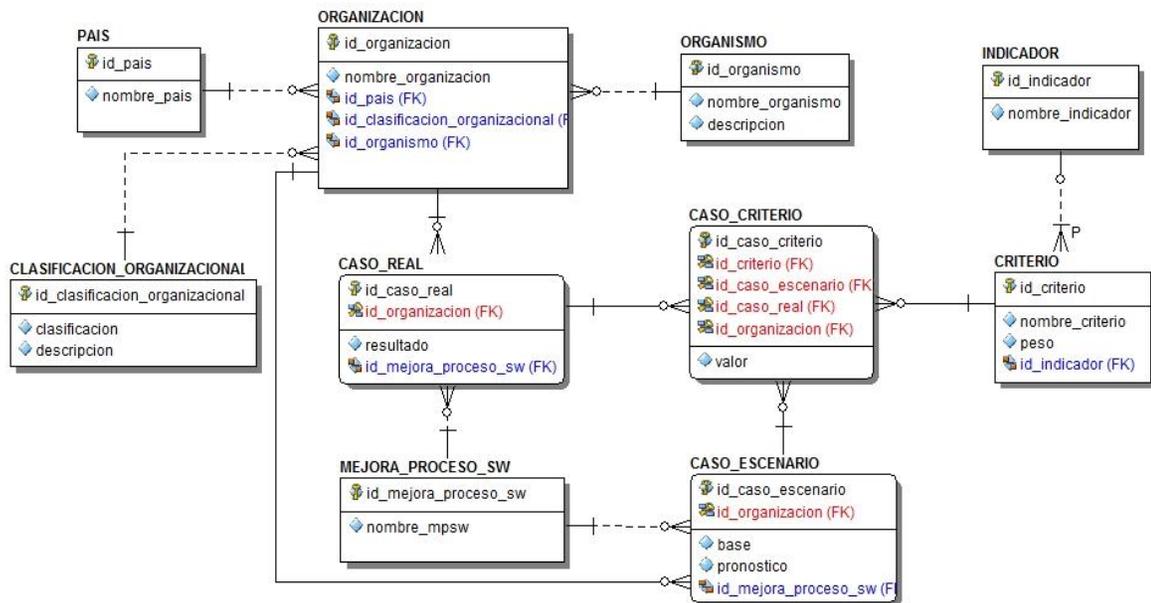
Apoyo de la alta gerencia	Es el grado de interés que la administración le da a la mejora de procesos para la disposición de los recursos.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Compromiso de la alta gerencia	Es el nivel de compromiso que garantiza la alta gerencia para apoyar a todos los niveles el cambio para que se realice la implementación y evaluación exitosa de la mejora.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Disponibilidad de recursos	Es el grado de disponibilidad en que se encuentran los recursos (personal, tiempo, tecnología, financieros) para lograr una adecuada implementación de la mejora de proceso.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Colaboración	Es el grado de cooperación que existe entre diferentes equipos y departamentos de la organización.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Comunicación	Es el grado en que los esfuerzos de comunicación preceden y acompañan el programa de mejora.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Cultura del trabajo en equipo	Es el grado en que la organización se enfocada en formar equipos para resolver los problemas reales de trabajo y para mejorar los procesos.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Conciencia de los beneficios	Es el grado en que las personas reconocen los beneficios de la mejora de proceso.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Estabilidad interna de la organización	Frecuencia en la que cambia el personal y la estructura organizacional.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Enfoque a procesos	Grado en que las organizaciones identifican, interrelacionan y gestionan los procesos para garantizar que se satisfaga las necesidades del cliente.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Enfoque a la mejora continua	Grado en que la organización orienta la aplicación gradual de mejoras a los procesos existentes y la introducción de nuevos.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Gestión de	Es la planificación adecuada y ejecución gradual de cambios en la organización,	0, 1, 2, 3, 4, 5	No

cambio	de modo tal que haya la menor resistencia al cambio posible por parte de los empleados.		
Objetivos de negocio claros	Es el establecimiento de los objetivos de negocio y la estrategia de la organización.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Adecuación de los procesos	Definición de procesos flexibles que pueden adaptarse según las necesidades de los proyectos de la organización.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No
Herramientas de apoyo a los procesos	Es el grado de agilidad que logra la organización en la implementación de los procesos al usar herramientas y tecnología.	0, 1, 2, 3, 4, 5	No

**Tabla 1: Dominio de los rasgos de la base de casos.**

#### 4. Modelo de entidad relación para la base de casos.

El Modelo entidad- relación está compuesto por 10 entidades: PAIS, ORGANIZACION, ORGANISMO, INDICADOR, CLASIFICACION\_ORGANIZACIONAL, CASO\_REAL, CASO\_ CRITERIO, CRITERIO, MEJORA\_PROCESO\_SW, CASO\_ ESCENARIO.



**Figura 7: Modelo entidad- relación para la base de casos.**

## PROCESO PARA PRONOSTICAR EL RESULTADO DE LAS SPI

La entidad **PAIS** tiene como llave primaria *id\_pais* y como otro atributo *nombre\_pais*. La entidad posee una relación (1- muchos) con la entidad ORGANIZACION representando que un país puede estar asociado a varias organizaciones, pero una organización pertenece solo a un país.

La entidad **ORGANIZACION** tiene como llave primaria *id\_organizacion* y como atributo *nombre\_organizacion*, posee como llaves foráneas las llaves primarias de las entidades PAIS, ORGANISMO, CLASIFICACION\_ORGANIZACIONAL, producto de las relaciones que tiene con estas entidades.

La entidad **ORGANISMO** tiene como llave primaria *id\_organismo* y como atributos *nombre\_organismo* y *descripción*, donde se refleja a qué organismo pertenece cada organización. La entidad posee una relación de (1- muchos) con la entidad ORGANIZACION representando que a un organismo pueden pertenecer varias organizaciones pero una organización pertenece solo a un organismo.

La entidad **INDICADOR** tiene como llave primaria *id\_indicador* y como atributo *nombre\_indicador*. Posee una relación (1- muchos) con la entidad CRITERIO.

La entidad **CLASIFICACION\_ORGANIZACIONAL** tiene como llave primaria *id\_clasificacion\_organizacional* y como atributos *clasificación* y *descripción*. Posee una relación (1- muchos) con la entidad ORGANIZACION y tiene como objetivo clasificar a la organización en pequeña, mediana o gran empresa.

La entidad **CASO\_REAL** tiene como llave primaria la composición de *id\_caso\_real* y la llave primaria de la entidad ORGANIZACION (*id\_organizacion*) por su relación (1- muchos) con dicha entidad y como atributo posee a *resultado*. Posee además una relación (1- muchos) con las entidades MEJORA\_PROCESO\_SW y CASO\_CRITERIO. Representa los casos reales que son almacenados en la base de casos dado por el comportamiento de los criterios en una organización.

La entidad **CASO\_CRITERIO** tiene como llave primaria *id\_caso\_criterio* y la composición de las llaves primarias de las entidades ORGANIZACION (*id\_organizacion*), CITERIO (*id\_criterio*), CASO\_ESCENARIO (*id\_caso\_escenario*), CASO\_REAL (*id\_caso\_real*). Tiene como atributo *valor* que representa el comportamiento de los criterios en la organización representado en un caso.

La entidad **CRITERIO** tiene como llave primaria *id\_criterio* y como llave foránea *id\_indicador* por la relación (1-muchos) que posee con la entidad INDICADOR, representando que un criterio pertenece solo a un indicador, mientras que un indicador puede tener varios criterios. Además tiene como atributos *nombre\_criterio* y *peso*, que es el nivel de influencia del criterio en la mejora de procesos.

La entidad **MEJORA\_PROCESO\_SW** tiene como llave primaria *id\_mejora\_proceso\_sw* y como atributo *nombre\_mpsw* que es el atributo encargado de mostrar la especificación de la mejora.

La entidad **CASO\_ESCENARIO** tiene como llave primaria *id\_caso\_escenario* e *id\_organizacion* por la relación (1- muchos) que posee con la entidad ORGANIZACIÓN. Tiene como atributo *pronostico* que refleja el resultado pronosticado para estos casos, además tiene como llave foránea *id\_mejora\_proceso\_sw* por la relación que tiene con la entidad MEJORA\_PROCESO\_SW y posee como atributo *base* para conocer si es un caso base o no.

### **Conclusiones.**

Partiendo del estudio realizado y las necesidades identificadas:

- ✓ Se definió un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI, el cual se rige por las fases que componen el ciclo de vida de un sistema de RBC: *recuperación, reutilización, evaluación y almacenamiento*. El proceso definido plantea como esencia de solución la combinanci3n de casos semejantes al problema para la propuesta de posibles mejoras a implementar en una organizaci3n.
- ✓ Se obtuvo el dise1o de una base de casos para el almacenamiento de las experiencias de las organizaciones ante una SPI como sustento al proceso propuesto. Se describen los rasgos que componen la base de casos as3 como los dominios de cada uno de ellos.

## **CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.**

### **Introducción.**

Con el propósito de evaluar la propuesta de solución se aplicó el método de validación de expertos. Para ello se realizó una selección previa de expertos en las ramas de inteligencia artificial, mejora de procesos de software y gestión del conocimiento haciendo uso de la técnica de selección de expertos del método Delphi. Posteriormente se procedió a la validación de los criterios emitidos por los expertos sobre la relevancia, pertinencia y coherencia de la propuesta, mediante el análisis estadístico del coeficiente de concordancia entre expertos.

#### **1. Selección de expertos.**

La selección de expertos por el método Delphi, es una de las técnicas de pronóstico confiable, empleada con el objetivo de garantizar la veracidad de la selección a partir de análisis estadísticos de encuestas aplicadas a los expertos para determinar su nivel de experticia en la rama en cuestión. Permite crear un cuadro integral y amplio de los conocimientos que presentan los expertos en un área específica [61].

Los expertos dispuestos a participar en la validación y seleccionados por su nivel de experticia, deben evaluar la propuesta de investigación individualmente y de forma anónima, lo cual posibilita que:

- ✓ Ningún miembro del grupo de expertos sea influenciado por la reputación de otro de los miembros.
- ✓ Un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen.
- ✓ El experto pueda defender sus argumentos con la tranquilidad de saber que su fuente de validación es confidencial para los otros expertos.

Para poder realizar la selección de expertos se realizó un grupo de tareas que se describen a continuación:

1. Determinar las áreas del conocimiento que deben dominar los expertos:

Los expertos seleccionados deben dominar fundamentalmente temas de: SPI, GC e IA.

2. Elaborar el listado de expertos candidatos:

Según Fransi el número de expertos debe oscilar entre 7 y 30, pues luego de 7 el error disminuye exponencialmente y después de 30 dicha disminución resulta poco significativa [58].

3. Obtener el consentimiento de los expertos para participar:

La muestra del grupo de candidatos a expertos seleccionado estuvo conformada inicialmente por 20 miembros de los cuales 15 dieron su consentimiento a participar en la validación de la propuesta aunque solo 13 entregaron las encuestas.

4. Determinar el coeficiente de experticia:

Para calcular el coeficiente de experticia se aplicó una encuesta de autovaloración. Anexo 1: Encuesta de autovaloración

El coeficiente de experticia ( $k$ ) se determina por la opinión del encuestado sobre su nivel de conocimiento respecto al área de conocimiento que se evalúa, lo cual se refleja en la fórmula siguiente:

$$K = \frac{(kc + ka)}{2}$$

Donde:

- ✓ **K** = coeficiente de experticia.
- ✓ **kc** = coeficiente experticia o conocimiento que tiene el experto del tema.
- ✓ **ka** = coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto.

El resultado del coeficiente **K** se analiza de la siguiente forma:

- ✓ **Si  $0,8 \leq K < 1,0$**  el coeficiente de experticia es alto.
- ✓ **Si  $0,5 \leq K < 0,8$**  el coeficiente de experticia es medio.
- ✓ **Si  $K < 0,5$**  el coeficiente de experticia es bajo.

Ver tablas 1, 2 y 3 para los niveles de experticia en las temáticas SPI, GC e IA respectivamente.

Candidato	kc	ka	k	Nivel
1	0,8	0,8	0,8	Alto
2	0,9	0,9	0,9	Alto
3	0,5	0,5	0,5	Bajo
4	0,8	0,8	0,8	Alto
5	1	0,9	0,95	Alto
6	0,9	1	0,95	Alto
7	0,8	0,6	0,7	Medio
8	0,8	0,7	0,75	Medio
9	0,9	0,8	0,85	Alto
10	0,7	0,6	0,65	Medio
11	0,5	0,4	0,45	Bajo
12	0,4	0,3	0,35	Bajo
13	0,7	0,8	0,75	Medio

**Tabla 2: Coeficiente de experticia en Mejora de Procesos de Software.**

Candidato	kc	ka	k	Nivel
1	0,9	0,8	0,85	Alto
2	0,9	0,7	0,8	Alto
3	0,6	0,4	0,5	Medio
4	0,8	0,8	0,8	Alto
5	0,9	0,9	0,9	Alto
6	1	0,9	0,95	Alto
7	0,5	0,4	0,45	Bajo
8	0,9	0,8	0,85	Alto
9	0,9	0,8	0,85	Alto
10	0,5	0,4	0,45	Bajo

11	0,6	0,5	0,55	Medio
12	0,7	0,6	0,65	Medio
13	0,9	0,8	0,85	Alto

**Tabla 3: Coeficiente de experticia en Gestión del Conocimiento.**

Candidato	kc	ka	k	Nivel
1	0,9	0,9	0,9	Alto
2	0,9	0,8	0,85	Alto
3	0,4	0,4	0,4	Bajo
4	0,8	0,8	0,8	Alto
5	0,9	0,8	0,85	Alto
6	0,8	0,8	0,8	Alto
7	0,4	0,5	0,45	Bajo
8	0,9	0,8	0,85	Alto
9	0,8	0,8	0,8	Alto
10	0,3	0,3	0,3	Bajo
11	0,5	0,3	0,4	Bajo
12	0,5	0,4	0,45	Bajo
13	0,8	0,8	0,8	Alto

**Tabla 4: Coeficiente de experticia en Inteligencia Artificial.**

A partir de los resultados obtenidos durante la encuesta de autovaloración se determinó que de los 13 encuestados, 8 cumplían la condición de experticia necesaria para la validación del tema, desechándose aquellos que tenían experticia baja en al menos un área de conocimiento y aceptándose los que tuvieron experticia media en una sola área de conocimiento (como máximo) y experticia alta en el resto. En las tablas 1, 2 y 3 se muestran en rojo los candidatos a expertos desechados.

**2. Resultados de encuestas de validación.**

Para la validación del proceso se realizó una encuesta de validación mostrada en el *Anexo 2: Encuesta de validación de la propuesta*.

Con vistas a la validación de los expertos se emplearon las categorías de Relevancia, Pertinencia y Coherencia que se definen brevemente a continuación:

- ✓ Relevancia (R): la influencia de cada uno de los elementos del proceso en las organizaciones.
- ✓ Pertinencia (P): la estructura del proceso es congruente con los objetivos del mismo y consideran las exigencias de las organizaciones.
- ✓ Coherencia (C): existe coherencia e interrelación entre los componentes del proceso.

El proceso de validación se realizó aplicando las siguientes escalas:

<b>Relevancia</b>	<b>Pertinencia</b>	<b>Coherencia</b>
Muy Relevante (MR)	Muy Pertinente (MP)	Muy Coherente (MC)
Relevante (R)	Pertinente (P)	Coherente (C)
Medianamente Relevante (M)	Medianamente Pertinente (M)	Medianamente Coherente (M)
Poco Relevante (PR)	Poco Pertinente (PP)	Poco Coherente (PC)
Nada Relevante (NR)	Nada Pertinente (NP)	Nada Coherente (NC)

**Tabla 5: Escalas para la relevancia, pertinencia y coherencia.**

Para el análisis de los resultados se calculó el coeficiente de concordancia expresado en porcentaje  $C_c$  definido como [64]:

$$C_c = \left(1 - \frac{V_n}{V_t}\right) * 100$$

Donde:

$C_c$ : coeficiente de concordancia expresado en porcentaje.

$V_n$ : cantidad de expertos en contra del criterio predominante.

$V_t$ : cantidad total de expertos.

### **2.1 Validación del aspecto relevancia.**

Para validar la relevancia del proceso se evaluaron 11 aspectos. La siguiente tabla muestra el valor asignado por los expertos a cada pregunta que conforma el cuestionario.

<b>Relevancia</b>	<b>Valores</b>						<b>Porcientos</b>					
<b>Aspectos a evaluar</b>	<b>MR</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>PR</b>	<b>NR</b>	<b>Total</b>	<b>MR</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>PR</b>	<b>NR</b>	<b>Total</b>
Almacenamiento de experiencias en forma de casos.	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100
Pronóstico del éxito antes de iniciar la mejora.	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100
Reutilización de experiencias para el pronóstico basado en casos con características similares.	7	1	0	0	0	8	87,5	12,5	0	0	0	100
Tratamiento de los indicadores y criterios considerados por los expertos para evaluar la organización en función de la mejora como rasgos a considerar para el pronóstico.	6	2	0	0	0	8	75	25	0	0	0	100
Evaluación de pronóstico contra resultado real para la incorporación de experiencias aprendidas.	6	2	0	0	0	8	75	25	0	0	0	100
Muestra de un margen de error para conocer la factibilidad y fiabilidad del pronóstico realizado.	6	2	0	0	0	8	75	25	0	0	0	100
Diseño de una base de casos como soporte al proceso propuesto.	7	1	0	0	0	8	87,5	12,5	0	0	0	100

Flexibilidad del modelo entidad relación para la inclusión de nuevos indicadores y tipos de mejoras.	6	2	0	0	0	8	75	25	0	0	0	100
Facilidad de comprensión del proceso propuesto.	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100
Efectividad del proceso para el cumplimiento del objetivo propuesto.	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100
Utilidad del proceso para disminuir los índices de fracasos en la mejora de procesos de software.	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	<b>88,6</b>	<b>11,4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

**Tabla 6: Resultados de evaluación de la relevancia.**

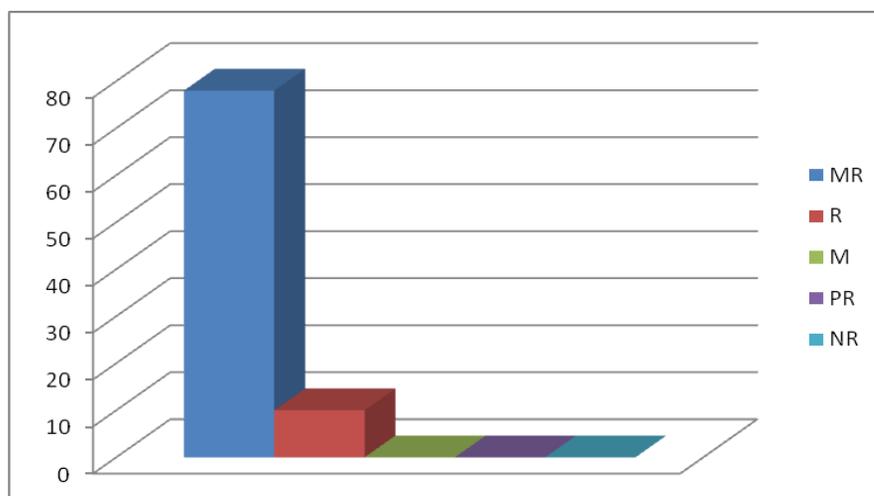
Calculando el coeficiente de concordancia  $C_c$  se obtiene:

<b>Aspecto</b>	<b><math>V_n</math></b>	<b><math>V_t</math></b>	<b><math>C_c</math></b>
Almacenamiento de experiencias en forma de casos.	0	8	100
Pronóstico del éxito antes de iniciar la mejora.	0	8	100
Reutilización de experiencias para el pronóstico basado en casos con características similares.	1	8	87,5
Tratamiento de los indicadores y criterios considerados por los expertos para evaluar la organización en función de la mejora como rasgos a considerar para el pronóstico.	2	8	75
Evaluación de pronóstico contra resultado real para la incorporación de experiencias aprendidas.	2	8	75
Muestra de un margen de error para conocer la factibilidad y fiabilidad del pronóstico realizado.	2	8	75
Diseño de una base de casos como soporte al proceso propuesto.	1	8	87,5
Flexibilidad del modelo entidad relación para la inclusión de nuevos indicadores y tipos de mejoras.	2	8	75

Facilidad de comprensión del proceso propuesto.	0	8	100
Efectividad del proceso para el cumplimiento del objetivo propuesto.	0	8	100
Utilidad del proceso para disminuir los índices de fracasos en la SPI.	0	8	100
<b>Promedio</b>	<b>0,9</b>	<b>88</b>	<b>88,63</b>

**Tabla 7: Coeficiente de concordancia para el aspecto relevancia.**

Los resultados del coeficiente de concordancia muestran que existe un 88,63 % de concordancia por parte de los expertos respecto al criterio predominante **Muy Relevante**. Es válido mencionar que el 11,37% que se manifiesta en contra de este criterio catalogan la propuesta como **Relevante**. Ver figura 8.



**Figura 8: Resultados de evaluación de la relevancia.**

## 2.2 Validación del aspecto pertinencia.

La siguiente tabla muestra el valor asignado por los expertos al aspecto **pertinencia**.

Aspecto a evaluar	Valor						Porcientos					
	MP	P	M	PP	NP	Total	MP	P	M	PP	NP	Total
Pertinencia	8	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	100

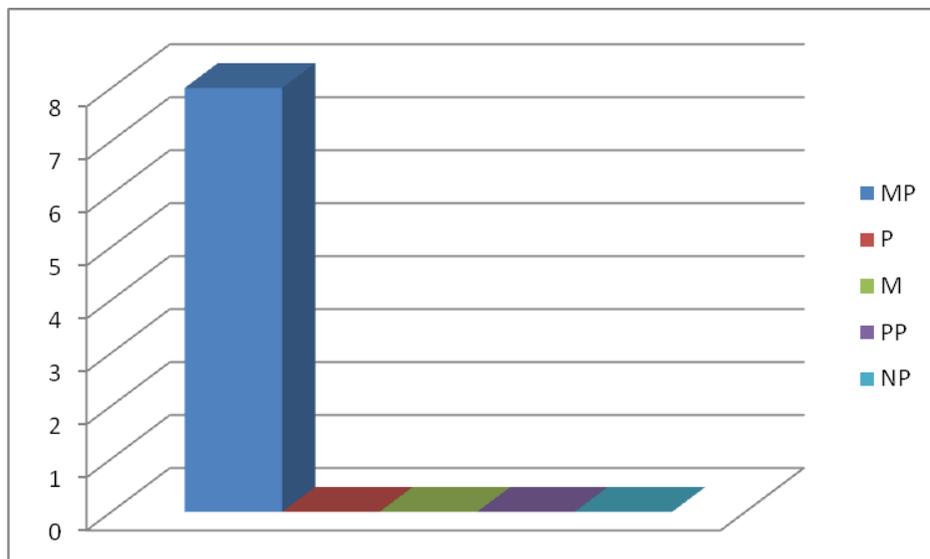
**Tabla 8: Resultados de evaluación de la pertinencia.**

Calculando el coeficiente de concordancia  $C_c$  se obtiene:

Aspecto	$V_n$	$V_t$	$C_c$
Pertinencia.	0	8	100

**Tabla 9: Coeficiente de concordancia para el aspecto pertinencia.**

Los resultados del coeficiente de concordancia muestran que existe un 100 % de concordancia por parte de los expertos respecto al criterio predominante **Muy Pertinente**. Ver figura 9.



**Figura 9: Resultados de evaluación de la pertinencia.**

### 2.3 Validación del aspecto coherencia.

La siguiente tabla muestra el valor asignado por los expertos al aspecto **coherencia**.

Aspecto a evaluar	Valor						Porcientos					
	MC	C	M	PC	NC	Total	MC	C	M	PC	NC	Total
Coherencia	7	1	0	0	0	8	87,5	12,5	0	0	0	100

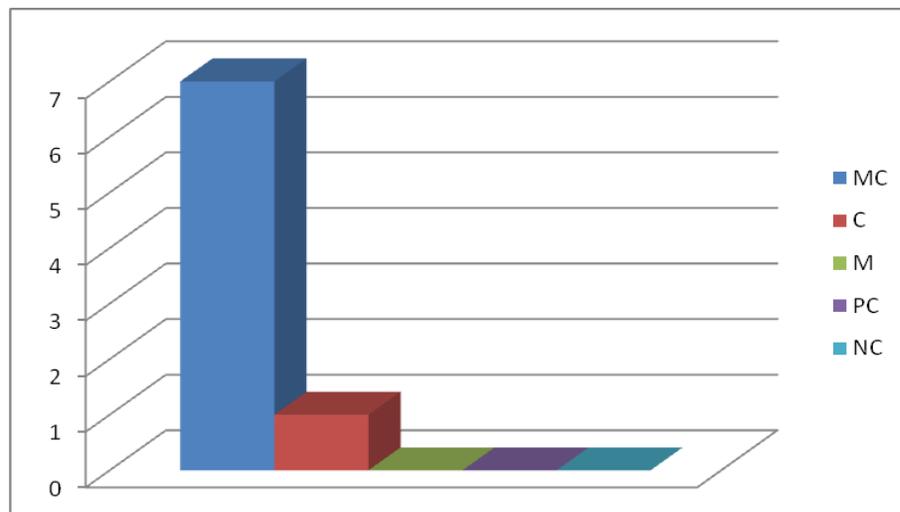
**Tabla 10: Resultados de evaluación de la coherencia.**

Calculando el coeficiente de concordancia  $C_c$  se obtiene:

<b>Aspecto</b>	<b>V<sub>n</sub></b>	<b>V<sub>t</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
Coherencia.	1	7	87,5

**Tabla 11: Coeficiente de concordancia para el aspecto coherencia.**

Los resultados del coeficiente de concordancia muestran que existe un 87,5 % de concordancia por parte de los expertos respecto al criterio predominante **Muy Coherente**. Es válido mencionar que el 12,5 % que se manifiesta en contra de este criterio catalogan la propuesta como **Coherente**. Ver figura 10.



**Figura 10: Resultados de evaluación de la coherencia.**

#### **2.4 Sugerencias y recomendaciones.**

Todas las recomendaciones obtenidas como resultado de la pregunta 3, estuvieron enfocadas al desarrollo de la herramienta que sustente el proceso, con el objetivo de obtener una validación práctica de la presente investigación.

Adicionalmente a las favorables valoraciones obtenidas, se recibieron algunas sugerencias por parte de los expertos:

- ✓ La implementación de una herramienta que sustente el proceso propuesto.

- ✓ Validar prácticamente la propuesta a partir de la obtención de resultados reales en una herramienta.

## **Conclusiones**

- ✓ En el capítulo se aplicó un conjunto de pasos para validar el proceso empleando la selección de personas con mayor experticia del método Delphi y el método de expertos para la validación de la propuesta con los que resultaron seleccionados.
- ✓ Los resultados arrojados por las encuestas reflejan que la totalidad de los expertos consideran que el proceso es relevante, pertinente y coherente en altos niveles para la resolución de la problemática planteada en el pronóstico de las iniciativas SPI.

## **CONCLUSIONES.**

Se consideraron como elementos esenciales a tener en cuenta para la propuesta de solución:

De la SPI:

- ✓ Los indicadores y criterios identificados que influyen en la mejora de proceso.

De los modelos de GC:

- ✓ Formas de conversión de Nonaka Takeuchi.
- ✓ Retroalimentación y aprendizaje de Balanced Scorecard.
- ✓ Descripción, localización y distribución del conocimiento de Wiig.
- ✓ Intercambio y retroalimentación del conocimiento individual y organizacional de Andersen.

De las técnicas de IA:

- ✓ El RBC con las cuatro fases de su ciclo de vida: recuperación, reutilización, evaluación, almacenamiento.

Se obtuvo el diseño de una base de casos para el almacenamiento de las experiencias de las organizaciones ante una SPI como sustento al proceso propuesto.

Se definió un proceso para pronosticar el resultado de iniciativas SPI, el cual se rige por las fases que componen el ciclo de vida de un sistema de RBC: recuperación, reutilización, evaluación, almacenamiento.

Se realizó la validación del proceso propuesto empleando el método de expertos donde los resultados obtenidos reflejaron elevados índices de relevancia, pertinencia y coherencia de la propuesta de solución.

## **RECOMENDACIONES.**

Para dar continuidad a la presente investigación se exhorta a:

- ✓ Actualizar en la medida que imponga la necesidad práctica los dominios de los rasgos de la base de casos.
- ✓ Validar prácticamente la propuesta a partir de la obtención de resultados reales en una herramienta.
- ✓ Incluir como trabajo futuro el aprendizaje de la herramienta que sustente el proceso por medio de la aplicación de redes neuronales artificiales para corroborar la distribución de los pesos asignados a cada rasgo.

**BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA.**

[1] **The Standish Group. 2011.** Chaos Manifiesto 2011. Standish Group. The Standish Group. [En línea] 2011. [Online]. Available: [http://standishgroup.com/newsroom/chaos\\_manifiesto\\_2011.php](http://standishgroup.com/newsroom/chaos_manifiesto_2011.php). [Accessed: 25-Sep-2011.]

[2] **Pressman, R. S. 2010.** *Ingeniería del Software, un Enfoque Práctico, 7ma ed.* McGRAW-HILL DNTERAMERICANA DE ESPANA, S . A.U.

[3] **Bauer, L. 1972.** *Software Engineering, Information Processing.* Amsterdam: North Holland Publishing Co, 1972.

[4] **Boehm, B. 1976.** *Software engineering.* IEEE Trans. Comput, 1976.

[5] **Humphrey, W. S. 1995.** *A discipline for software engineering, 1st ed.* Boston: Addison- Wesley, 1995.

[6] **Sommerville, I. 2007.** *Software Engineering, 8<sup>th</sup> ed.* Addison- Wesley, 2007.

[7] **Casañola, Yaimí Trujillo. 2011.** *Metodología basada en el descubrimiento de asociaciones entre factores y los contextos organizacionales para la mejora de proceso.* Cuba : s.n., 2011.

[8] **Ashrafi N. 2003.** *The impact of Software Process Improvement on quality: in theory and practice.* vol. 40. Information & Management, 2003.

[9] **Forradillas. P., Pantaleo. G., Rogers. J. 2011.** *El modelo CMM/CMMI - Cómo garantizar el éxito del proceso de mejoras en las organizaciones, superando los conflictos y tensiones generados por su implementación.* [Online]. Available: <http://www.it-mentor.com.ar/pdf/CMM CulturaOrg.pdf>. [Accessed: 28-Sep-2011].

[10] **Rodrigo Anabalón, J. 2005.** *Las Causas más Comunes de Fallas en la Implementación de Mejoras de Software.* [Online]. Available: [http://anabalon.clan.su/papers/fallas\\_proceso\\_software.pdf](http://anabalon.clan.su/papers/fallas_proceso_software.pdf). [Accessed: 28-Sep-2011].

- [11] **Rogers, J. 2011.** *Programando los Procesos de Mejoras (CMM/CMML) a partir de la Cultura de las Organizaciones.* [Online]. Available: [http://www.it-mentor.com.ar/pdf/CMM\\_CltryCmbOrg.pdf](http://www.it-mentor.com.ar/pdf/CMM_CltryCmbOrg.pdf). [Accessed: 30-Sep-2011].
- [12] **Ngwenyama. O., Axel Nielsen. P. 2003.** *Competing Values in Software Process Improvement: An Assumption Analysis of CMM From an Organizational Culture Perspective.* IEEE Transactions On Engineering Management, vol. 50, no. 1, February 2003.
- [13] **Kasse. T, McQuaid. P. 1998.** *Entry Strategies into the Process Improvement Initiative.* Software Process: Improvement and Practice, vol. 4, no. 1, pp. 73-88, 1998.
- [14] **Stelzer. D, Mellis. W. 1998** *Success Factors of Organizational Change in Software Process Improvement.* Softw. Process Improve. Pract. vol. 4, no. 3, pp. 227-250, 1998.
- [15] **Moitra. D. 1998.** *Managing Change for Software Process Initiatives: A Practical Experience based Approach.* Softw. Process Improve. Pract. vol. 4, no. 3, 199-207, 1998.
- [16] **Laporte. C, Trudel. S. 1998.** *Addressing the People Issues of Process Improvement Activities at Oerlikon Aerospace.* Softw. Process Improve. Pract. vol. 4, no. 3, 187-198, 1998.
- [17] **Cattaneo. F, Fuggetta. A, Sciuto. D. 2001.** *Pursuing Coherence in Software Process Assessment and Improvement.* Softw. Process, Improve. Pract. vol. 6, no. 1, 3-22, 2001.
- [18] **Dounos. P, Bohoris. G. 2010.** *Factors for the Design of CMMI-based Software Process Improvement Initiatives.* Presented at the 2010 14th Panhellenic Conference on Informatics, Tripolis, Grecia, 2010.
- [19] **Montoni. M. A, Rocha. A. R. 2010.** *Applying Grounded Theory to Understand SoftwareProcess Improvement Implementation.* Presented at the 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, Porto, Portugal, 2010.
- [20] **Boas. G. V, Da Rocha. A. R, Do Amaral. M. P. 2010.** *An approach to implement software process improvement in small and mid-sized organizations.* Presented at the 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, 2010.

- [21] Santos. G, Kalinowski. M, Da Rocha. A. R, Travassos. G. H, Weber. K. C, Antonioni. J. A. 2010. *MPS.BR: A Tale of Software Process Improvement and Performance Results in the Brazilian Software Industry*. Presented at the 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, Porto, Portugal, 2010.
- [22] Allison. I. 2010. *Organizational Factors Shaping Software Process Improvement in Small-Medium Sized Software Teams: a Multi-Case Analysis*. Presented at the 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, Porto, Portugal, 2010.
- [23] IEEE. 1993 Std. 830-1993. *Recommended Practice for Software Requirements Specifications*. IEEE/ANSI Standard 830-1993, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993. [Online]. Available: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/830-1993.html> [Accessed: 20-Feb-2012].
- [24] IEEE. 1990. Std. 610-1990. *IEEE Standard Computer Dictionary: Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. IEEE/ANSI Standard 610-1990, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990. [Online]. Available: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/610-1990.html> [Accessed: 20-Feb-2012].
- [25] Pressman, R. S. 1993. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico, 3ra ed.* McGrawHill (1993).
- [26] Rodrigo Anabalón, J. 2005. Las Causas más Comunes de Fallas en la Implementación de Mejoras de Software. [Online]. Available: [http://anabalon.clan.su/papers/fallas\\_proceso\\_software.pdf](http://anabalon.clan.su/papers/fallas_proceso_software.pdf). [Accessed: 28-Sep-2011].
- [27] Mathiassen, L., Pourkomeylian, P. 2003. *Managing knowledge in a software organization*. s.l. : Journal of Knowledge Management, 2003. Vol. Nº 7.
- [28] CMMI. Overview. 2011. [Online]. Available: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/index.cfm>. [Accessed: 05-Abr-2011].

- [29] Trujillo Casañola, Y., Febles Estrada, A., Estrada Sentí, V. 2011 *DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA MEJORA DE PROCESOS DE SOFTWARE RESPECTO A LOS FACTORES*. La Habana : s.n.
- [30] McFeeley, B. 1996. *IDEAL. A user's guide for software process improvement*. [prod.] Carnegie Mellon University. Pittsburgh : s.n., 1996.
- [31] Soto Balbón, M. A., Barrios Fernández, C. N. 2006. Gestión del Conocimiento. Parte I. Revisión crítica del estado del arte. *Gestión del Conocimiento. Parte I. Revisión crítica del estado del arte*. [Online]. Available: [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14\\_2\\_06/aci04206.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_2_06/aci04206.htm). [Accessed: 24-Ene-2012.]
- [32] Gómez, David Rodríguez. 2006. *Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica*. 2006.
- [33] RAE, 2012. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. [Online]. Available: <http://www.rae.es/rae.html>. [Accessed: 20-Feb-2012].
- [34] EcuRed, 2012. Entorno Colaborativo Cubano en la Red. [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/Informaci%C3%B3n>. [Accessed: 18-Feb-2012].
- [35] DAEDALUS. 2012. Data, Decisions and Language, S. A. DAEDALUS. [Online]. Available: <http://www.daedalus.es/inteligencia-de-negocio/gestion-del-conocimiento/que-es-el-conocimiento/>. [Accessed: 18-Feb-2012].
- [36] Bollinger, A; Smith, R. 2001. *Managing organizational knowledge as a strategic asset*, Journal of Knowledge Management, Vol. 5, N° 1, 2001.
- [37] Polanyi, M. 1996. *The tacit dimension*. London, Routledge. 1966.
- [38] Nonaka, I; Takeuchi, H. 1999. *La organización creadora de conocimiento*, México, Oxford University Press, 1999.

- [39] **Mathiassen, L; Pedersen, K. 2005.** *The dynamics of knowledge in systems development practice*, Proceedings of the 38<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, 2005.
- [40] **Davenport, T. H; Prusak L. 2001.** *Conocimiento en Acción. Cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Buenos Aires: s.n., 2001.
- [41] **Alavi, M.; Leidner, D. 2001.** *Knowledge management and knowledge management systems: conceptual foundations and research issues*, MIS Quarterly, Vol. 25, Nº 1, 2001.
- [42] **Rodríguez, D. 2006.** *Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica*. 2006.
- [43] **Zarandona Azkuenaga, X.; Salazar Castillo, J. M. 2007.** *Valoración Crítica de los Modelos de Gestión del Conocimiento*. Dialnet – Unirioja. [Online]. Available: [http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=2527673&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2527673&orden=0). [Accessed: 15-Abr-2011].
- [44] **Wiig, K. 1993.** *Knowledge management foundations*, Arlington, Texas, Schema Press.
- [45] **WIIG, K.M. 1993.** *Knowledge Management Foundations: Thinking about Thinking-how People and Organizations Create, Represents and Use of Knowledge*. Schema Press. Arlington.
- [46] **Nonaka, I., Takeuchi, H. 1999.** *La organización creadora de conocimiento*, México, Oxford University Press.
- [47] **Andersen, A. 1998.** *La Gestión del conocimiento en el sector sanitario. Reflexiones y retos para poder avanzar*. Ediciones PMP. Bilbao. 1998.
- [48] **Kaplan, R.; Norton, D. 1996.** *Using Balanced Scorecard as a strategic management system*. Harvard Business Review, 1996.
- [49] **Schein E. H. 1988.** *Process consultation*. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.

- [50] Drucker, P. 2002. **La decisión efectiva.** *Tomar decisiones efectivas: una cuestión planificada (I).* Estrategia Magazine. 2002. [Online]. Available: <http://www.estrategiamagazine.com.ar/> [Accessed: 17-Feb-2012].
- [51] Montes, V. 2010. *Inteligencia Artificial.* Universidad Regional Autónoma de los Andes, Colombia.
- [52] Russell, S.; Norvig, P. 2009. *Artificial Intelligence. A Modern Approach. 3rd Edition.* [Online]. Available: <http://aima.cs.berkeley.edu/>. [Accessed: 08-Ene-2012].
- [53] Aamodt, A.; Plaza, E. 1994. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches.* Artificial Intelligence Communications 7, no. 1 (1994): 39-52.
- [54] Regueiro, C. 1995. *Modelos básicos de redes neuronales artificiales.* BARRO, S.; MIRA, J. (eds.) *Computación neuronal.* Santiago de Compostela: Universidad, Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. (Cursos y Congresos de Universidad de Santiago de Compostela, 86).
- [55] De Moya Anegón, F.; Herrero Solana, V.; Guerrero Bote, V. 2007. *La aplicación de redes neuronales artificiales RNA: a la recuperación de la información.* [Online]. Available: <http://www.raco.cat/index.php/Bibliodoc/article/viewFile/56630/66052>. [Accessed: 19-Feb-2012].
- [56] Bregón, A., Simón, A., Alonso, C. Rodríguez, J. J., Pulido, B. Moro, I. *Un sistema de razonamiento basado en casos para la clasificación de fallos en sistemas dinámicos.*
- [57] Kolodner, J. L. 1992. *An introduction to case-based reasoning.* Artificial Intelligence Review. 1992 6(1): 3-34.
- [58] Francis, S. S. 2010. *Modelo para diseñar Mapas Conceptuales Inteligentes utilizando el Razonamiento Basado en Casos.* Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). La Habana 2010: p. 76
- [59] Andrés, J. 2003. *Determinación de las IBNR con lógica borrosa.* 8, 2003, Anales del Instituto de Actuarios Españoles.

- [60] **Martínez Sánchez, N., García Lorenzo, M. M., García Valdivia, Z. Z. 2009.** *Modelo para diseñar sistemas de enseñanza-aprendizaje inteligentes utilizando el razonamiento basado en casos.* 3, Medellín : s.n., 10 de Diciembre de 2009, Avances en Sistemas e Informática, Vol. 6.
- [61] **Filiberto, Y., Bello, R., Caballero, Y. 2011.** *Una medida de la teoría de los conjuntos aproximados para sistemas de decisión con rasgos de dominio continuo.* 60, s.l. : Universidad de Antioquia, Septiembre de 2011.
- [62] **Morell Pérez, C., Bello Pérez, R. 2007.** *Una arquitectura unificada para el razonamiento borroso.* 2, Abril de 2007, Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Vol. 1.
- [63] **Alfaro López, Castro Rivera, Victor Danilo, Romero Lainez, Balmore Osmar. PRONOSTICO DELPHI.** El Salvador : s.n., 2005.
- [64] **Maceo Sánchez, A.; Fernández Coira, M. C. 2004.** *Fuentes de Información para la Inteligencia Competitiva en I+D.* Congreso Internacional de Información. Info 2004, Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte. 2004.

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**

**Zack, M. 1999.** *Developing a knowledge strategy*, California Management Review, Vol. 41, N° 3, 1999.

**Moore, J. H.; Chang, M. G. 1980.** "Design of Decision Support Systems." *Data Base*, Vol.12, Nos.1 and 2.

**Keen, P. G. W. 1978.** *Decision support systems: an organizational perspective*. Reading, Mass., Addison-Wesley Pub. Co.

**Hernández, B. B. 2004.** *Propuesta de modelo de un sistema de información para la toma de decisiones en el proceso de asignación de recursos en los Establecimientos de Atención Médica*. 2004 c.

**García Pérez, L.; Martínez Delgado, E. 2009.** *Base conceptual de un sistema inteligente de apoyo a las decisiones multicriterio*. Serie Científica UCI. Vol 2, No 4 (2009).

**Pérez, Santiago. 2006.** *APOYO PARA LA TOMA DE DECISIONES*. 2006.

**Turban, E. 1995.** *Decision support and expert systems: management support systems*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall

**Gamble, P.; Blackwell, J. 2004.** *Knowledge management: A state of the artguide*. Great Britain: Kogan Page, 2004.

**Power, D. J. 2002.** *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Westport, Conn., Quorum Books.

**Haettenschwiler, P. 1999.** *Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung*. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich, vdf Hochschulverlag AG: 189-208.

**Verdejo, A. J. 2007.** *Algoritmos Genéticos*. Inteligencia Artificial II.

**Alina Almuñez Mandryka, Alianny Perez Santoyo.** *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GESTORES DE DATOS RELACIONALES Y GESTORES DE DATOS NOSQL.*

**Erich Mario Gómez Pérez, Ariel Torres Gálvez. 2008.** *Administración y optimización de un sistema de base de datos descentralizado, en PostgreSQL.* La Habana : s.n., 2008.

**Alejandro Alberca Manzaneque, Jesús Galvez Díaz-Tendero.** *Modelos Avanzados de Bases de Datos.* CASTILLA-LA MANCHA : s.n.

**Piattini, Mario. 2001.** *Métricas para la calidad de base de datos.* Salamanca : s.n., 2001.

**Marcela Varas, Jaime Pradenas.** *Hacia la definición de métricas de calidad para esquemas conceptuales de base de datos.* Chile : s.n.

**Mathiassen, L; Pedersen, K. 2005.** *The dynamics of knowledge in systems development practice,* Proceedings of the 38<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, 2005.

**Francisco J Pino, Félix García, Mario Piattini, Hanna Oktaba.** *Revisión Sistemática de Mejora de Procesos de Software en Pequeñas y Medianas Empresas de Software.* s.l. : COMPETISOFT, 2006.

## ANEXOS.

## Anexo 1: Encuesta de autovaloración.

Compañero(a):

Se desea someter a la valoración de un grupo de expertos la propuesta de un proceso para el pronóstico de iniciativas de mejora de procesos de software. Para ello se necesita conocer el grado de dominio que usted posee en algún(os) de los siguientes temas: mejora de procesos de software, gestión del conocimiento e inteligencia artificial. Con ese fin se necesita que responda lo siguiente:

1. Marque con una cruz (X) el grado de conocimiento que usted tiene sobre las siguientes temáticas:

a. Mejora de procesos de software:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

b. Gestión del conocimiento:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

c. Inteligencia artificial:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Especifique del 0 al 10 la influencia de las fuentes indicadas como fundamento de su conocimiento en las temáticas, donde 0 corresponde al valor mínimo y 10 al máximo:

a. Mejora de procesos de software.

No.	Fuente de argumentación	Fundamentación
1	Años de experiencia en el tema	
2	Conocimientos teóricos adquiridos en análisis bibliográfico	

3	Experiencia práctica	
4	Participación en eventos científicos	
5	Publicaciones en revistas referenciadas	
6	Publicaciones en memorias de eventos	

## b. Gestión del conocimiento.

No.	Fuente de argumentación	Fundamentación
1	Años de experiencia en el tema	
2	Conocimientos teóricos adquiridos en análisis bibliográfico	
3	Experiencia práctica	
4	Participación en eventos científicos	
5	Publicaciones en revistas referenciadas	
6	Publicaciones en memorias de eventos	

## c. Inteligencia artificial.

No.	Fuente de argumentación	Fundamentación
1	Años de experiencia en el tema	
2	Conocimientos teóricos adquiridos en análisis bibliográfico	
3	Experiencia práctica	
4	Participación en eventos científicos	
5	Publicaciones en revistas referenciadas	
6	Publicaciones en memorias de eventos	

**Anexo 2: Encuesta de evaluación del proceso.**

Compañero (a):

La validación del proceso para el pronóstico de iniciativas de la mejora de proceso se llevará a cabo a partir del juicio de valor que Ud. emita respecto a la relevancia, pertinencia y coherencia del mismo donde:

**Relevancia (R):** La influencia de cada uno de los elementos del proceso en las organizaciones.

**Pertinencia (P):** La estructura del proceso es congruente con los objetivos del mismo y consideran las exigencias de las organizaciones.

**Coherencia (C):** Existe coherencia e interrelación entre los componentes del proceso.

1. Para evaluar la **relevancia** del proceso propuesto, valore, según la escala que se muestra a continuación, la influencia que tiene cada uno de los elementos que se mencionan, en la mejora de procesos de software.

- a) Muy Relevante (MR)
- b) Relevante (R)
- c) Medianamente Relevante (M)
- d) Poco Relevante (PR)
- e) Nada Relevante (NR)

No	Aspectos	Evaluación
1	Almacenamiento de experiencias de las organizaciones en forma de casos.	
2	Pronóstico del éxito antes de iniciar la mejora.	
3	Reutilización de experiencias para el pronóstico basado en casos con características similares.	
4	Tratamiento de los indicadores y criterios considerados por los expertos	

	para evaluar la organización en función de la mejora como rasgos a considerar para el pronóstico.	
5	Evaluación de pronóstico contra resultado real para la incorporación de experiencias aprendidas.	
6	Muestra de un margen de error para conocer la factibilidad y fiabilidad del pronóstico realizado.	
7	Diseño de una base de casos como soporte al proceso propuesto.	
8	Flexibilidad del modelo entidad relación para la inclusión de nuevos indicadores y tipos de mejoras.	
9	Facilidad de comprensión del proceso propuesto.	
10	Efectividad del proceso para el cumplimiento del objetivo propuesto.	
11	Utilidad del proceso para disminuir los índices de fracasos en la mejora de procesos de software.	

2. Para emitir su criterio acerca de la **pertinencia** de la estructura del proceso propuesto, sus componentes y contenido, marque con una (X) en la casilla correspondiente al valor asignado por usted, teniendo como referencia la escala siguiente:

- a) Muy Pertinente
- b) Pertinente
- c) Medianamente Pertinente
- d) Poco Pertinente
- e) Nada Pertinente

3. Sobre la **coherencia** e interrelación existente entre los componentes del proceso propuesto, marque con una (X) en la casilla que corresponda, según su criterio, teniendo en cuenta la escala de referencia siguiente:

- a) Muy Coherente
- b) Coherente
- c) Medianamente Coherente

d) Poco Coherente

e) Nada Coherente

4. De considerarlo necesario, emita las observaciones, sugerencias y/o recomendaciones que pudieran contribuir, según su criterio, al perfeccionamiento del proceso propuesto.

---

---

---

---